



LAPORAN ASM

PENGAJARAN DARI SUNGAI KIM KIM, PASIR GUDANG

05 APRIL 2019. Pandangan dari atas Sungai Kim Kim selepas bahan kimia toksik dibuang ke dalam sungai tersebut, menjejaskan kesihatan ribuan penduduk selepas terhidu udara beracun.
Foto oleh Adi Haririe

LAPORAN ASM

**PENGAJARAN DARI SUNGAI KIM KIM,
PASIR GUDANG**



2019

PENGAJARAN DARI SUNGAI KIM KIM, PASIR GUDANG

©Akademi Sains Malaysia 2019

Hak Cipta Terpelihara.

Tiada bahagian daripada terbitan ini boleh diterbitkan semula, disimpan untuk pengeluaran atau ditukarkan ke dalam sebarang bentuk atau sebarang alat juga pun, sama ada dengan cara elektronik, gambar serta rakaman dan sebahagiannya tanpa kebenaran bertulis daripada pemilik hak cipta terlebih dahulu.

Akademi Sains Malaysia
Tingkat 20, Sayap Barat, MATRADE
Jalan Sultan Haji Ahmad Shah off Jalan Tuanku Abdul Halim
50480 Kuala Lumpur, Malaysia

Perpustakaan Negara Malaysia Data Pengkatalogan-dalam Penerbitan

PENGAJARAN DARI SUNGAI KIM KIM, PASIR GUDANG

No. ISBN 978-983-2915-51-5

PENAFIAN

Dapatan daripada analisis saintifik dalam laporan ini tidak mengkhususkan atau merujuk mana-mana pihak / organisasi.

Semua analisa saintifik dalam laporan ini dibuat berpandukan data pengukuran kualiti udara dari Jabatan Alam Sekitar.

Laporan ini bertujuan untuk panduan umum dan maklumat semata-mata.

Semua pendapat, maklumat, data dan analisis dalam laporan ini, tanpa mengira sumbernya, disediakan atas niat baik, dan mungkin sah pada tarikh yang dinyatakan dalam laporan ini dan boleh berubah tanpa notis pemberitahuan.

ASM tidak memberikan jaminan mengenai kualiti atau ketepatan maklumat atau kesesuaiannya untuk apa-apa penggunaan sekalipun. Semua syarat tersirat yang berkaitan dengan kualiti atau kesesuaian maklumat, dan semua liabiliti yang timbul dari penyediaan maklumat (termasuk sebarang liabiliti yang timbul dalam kecuaian) dikecualikan sepenuhnya selagi dibenarkan oleh undang-undang.

ASM tidak menerima sebarang bentuk liabiliti, baik secara undang-undang mahupun kewangan, atas kerugian (langsung atau tidak langsung) yang disebabkan oleh pemahaman dan / atau penggunaan laporan ini atau kandungannya.

Laporan ini tertakluk dan dikawal oleh Undang-Undang Malaysia, dan setiap tuntutan atau pertikaian yang timbul sehubungan dengan laporan ini tertakluk pada bidang kuasa eksklusif mana-mana mahkamah di Malaysia.

KANDUNGAN

Badan Bertindak ASM Mengenai Insiden di Sungai Kim Kim dan Pasir Gudang	5
Penghargaan	6
Senarai Rajah dan Jadual	7
Senarai Singkatan	8
Ringkasan Eksekutif	9
1. Pengenalan	12
1.1 Gambaran Menyeluruh - Pasir Gudang	12
1.2 Gambaran Keseluruhan Insiden	17
2. Kaedah Kajian	19
2.1 Pengumpulan Data	19
2.2 Lawatan Tapak	21
2.3 Analisis Data	22
3. Analisis dan Dapatan	23
3.1 Asal-usul Gas Toksik	23
3.2 Kesan Buruk Terhadap Kesihatan	32
3.3 Tadbir Urus Bahan Kimia	33
3.4 Tadbir Urus Air	36
4. Cadangan	37
4.1 Tindakan Segera	37
4.2 Tindakan Jangka Pendek	39
4.3 Tindakan Jangka Pertengahan	39
4.4 Tindakan Jangka Panjang	42
5. Kesimpulan	44
Rujukan	46

Badan Bertindak ASM Mengenai Insiden di Sungai Kim Kim dan Pasir Gudang

Pengerusi

Profesor Dato' Ir Dr Wan Ramli Wan Daud FASc

Anggota

Profesor Dr Mohd Talib Latif FASc

Profesor Dato' Dr Azizan Abu Samah FASc

Profesor Dr Nik Meriam Nik Sulaiman FASc

Profesor Dr Mustafa Ali Mohd FASc

Datuk Dr Lokman Hakim Sulaiman FASc

Profesor Dr Mohd Raihan Taha

Profesor Madya Dr Chan Kok Meng

Profesor Madya Dr Yusri Yusup

Profesor Dr Salmaan Hussain Inayat Hussain FASc

Dr Benedict Francis

Ir Dr Salmah Zakaria FASc

Profesor Dato' Dr Mohd Jamil Maah FASc

Dato' Ir Dr Badhrulhisham Abdul Aziz FASc

Profesor Madya Dr Goh Choo Ta

Pengurusan

Hazami Habib

Ketua Pegawai Eksekutif

Tengku Sharizad Tengku Dahlan

Analisis Utama

Norlina Hussin

Pengurus Kanan

Natrah Rafiqah Mohd Jalil

Analisis Kanan

Hendy Putra Herman

Analisis

Dharshene Rajayah

Ketua, Komunikasi Sains

Syazwani Abu Bakar

Penyunting

PENGHARGAAN KHAS

Jabatan Alam Sekitar atas perkongsian data pengukuran kualiti udara di Pasir Gudang.

PENGHARGAAN

Badan Bertindak ASM Mengenai Insiden Sungai Kim Kim dan Pasir Gudang ingin mengucapkan terima kasih kepada organisasi dan individu berikut atas perkongsian data dan sumbangan dalam kertas posisi ini.

Organisasi

Kementerian Tenaga, Sains, Teknologi, Alam Sekitar dan Perubahan Iklim
Kementerian Kesihatan Malaysia
Kementerian Pendidikan Malaysia
Agensi Angkasa Malaysia
Jabatan Alam Sekitar Malaysia
Jabatan Kimia Malaysia
Jabatan Kimia Negeri Johor
Jabatan Kesihatan Negeri Johor
Jabatan Pendidikan Negeri Johor
Jabatan Keselamatan dan Kesihatan Pekerjaan Malaysia
Jabatan Keselamatan dan Kesihatan Pekerjaan Negeri Johor
Jabatan Pengairan dan Saliran Malaysia
Jabatan Pengairan dan Saliran Johor
Jabatan Meteorologi Malaysia
Jabatan Meteorologi Malaysia Johor
Jabatan Mineral dan Geosains Johor
Jabatan Bomba dan Penyelamat Johor
Unit Bahan Berbahaya (HAZMAT) Johor
Unit Bahan Berbahaya (HAZMAT) Melaka
Fakulti Sains, Universiti Teknologi Malaysia
Majlis Bandaraya Pasir Gudang
Pejabat Pendidikan Pasir Gudang
Sekolah Menengah Kebangsaan Tanjung Puteri Resort
Sekolah Menengah Kebangsaan Pasir Puteh
Sekolah Kebangsaan Kota Masai 1
Sekolah Kebangsaan Pasir Puteh

Rujukan Utama Laporan

Kes Pembuangan Haram Sisa Kimia di Sungai Kim Kim

diwakili oleh Profesor Dr Abdull Rahim Mohd Yusoff FASc
Dekan, Fakulti Sains, Universiti Teknologi Malaysia
merangkap Pengerusi Jawatankuasa Saintifik
Kes Pembuangan Haram Sisa Kimia di Sungai Kim Kim

Perkongsian Data Jabatan Kesihatan Negeri Johor

diwakili oleh Dr Thilaka Chinnayah
Pakar Perubatan Kesihatan Awam
Ketua, Unit Kesihatan Pekerjaan dan Alam Sekitar (KPAS)
Bahagian Kesihatan Awam, Jabatan Kesihatan Negeri Johor

Senarai Rajah

Rajah 1	Luas Penggunaan Tanah di Pasir Gudang (hektar)
Rajah 2	Plan Struktur Pasir Gudang
Rajah 3	Lembangan Sungai di dalam Daerah Johor Bahru
Rajah 4	Kawasan Industri Pasir Gudang
Rajah 5	Cadangan Pelan Induk Pengurusan Air Hujan untuk Pasir Gudang
Rajah 6	Siri Masa Kepekatan VOC (ppm) dan Kelajuan Angin (ms^{-1}) dari 4 hingga 14 Julai 2019 di SK Kong Kong Laut (panel atas) dan SK Kopok (panel bawah)
Rajah 7	Plot kutub dwipengubah untuk kepekatan VOC (ppm) dari 4 hingga 14 Julai 2019 di SK Kong Kong Laut (panel atas) dan SK Kopok (panel bawah)
Rajah 8	Lokasi Potensi Sumber VOC Berdasarkan Lokasi Sekolah, Kelajuan Angin dan Arah dan Pengukuran VOC yang Dibuat di Sekolah-sekolah di Kawasan Pasir Gudang
Rajah 9	Sumber Potensi Pencemaran Udara Berdasarkan Bacaan Multirae di 111 Buah Sekolah di Pasir Gudang Menggunakan Kaedah Pemodelan Trajektori Balik yang Telah Diubah Suai
Rajah 9.1	Sumber Potensi Pencemaran Udara (Akrolin) di Pasir Gudang Menggunakan Pemodelan Trajektori Balik yang Diubah Suai
Rajah 9.2	Sumber Potensi Pencemaran Udara (Akrilonitril) di Pasir Gudang Menggunakan Pemodelan Trajektori Balik yang Diubah Suai
Rajah 9.3	Sumber Potensi Pencemaran Udara (Benzena) di Pasir Gudang Menggunakan Pemodelan Trajektori Balik yang Diubah Suai
Rajah 9.4	Sumber Potensi Pencemaran Udara (Metil Merkaptan) di Pasir Gudang Menggunakan Pemodelan Trajektori Balik yang Diubah Suai
Rajah 10	Sumber Pencemaran Udara Berpotensi Ditentukan Menggunakan Pemodelan Trajektori Balik yang Diubah Suai
Rajah 11	Hubungan antara Wabak/Bencana dan Pelepasan Bahan Kimia ke Alam Sekitar
Rajah 12	Kitaran Hayat Bahan Kimia
Rajah 13	Pelepasan Bahan Kimia di Pelbagai Peringkat Kitaran Hayat
Rajah 14	Pelan Induk Pengurusan Air Hujan yang Diperakukan untuk Pasir Gudang

Senarai Jadual

Jadual 1	Zon Penampungan untuk Pelbagai Jenis Industri
Jadual 2	Kesan-kesan Gas Berbahaya yang Dilaporkan
Jadual 3	Status Kualiti Air 2017 Sungai-Sungai yang Dipantau di Semenanjung
Jadual 4	Peralatan Perlindungan Peribadi yang Disyorkan
Jadual 5	Kesetaraan Antara Sifat-sifat Intrinsik EHS dan Kelas Bahaya di bawah GHS

Senarai Singkatan

AEGL	Tahap Panduan Pendedahan Akut
ASM	Akademi Sains Malaysia
BAKAJ	Badan Kawal Selia Air Negeri Johor
CHRA	Penilaian Risiko Kesihatan Kimia
CIMS	Sistem Maklumat dan Pengurusan Kimia
EHS	Bahan Berbahaya Alam Sekitar
EQA	Akta Kualiti Alam Sekitar
GHS	Sistem Harmonisasi Global Klasifikasi dan Label pada Bahan Kimia
GPT	<i>Gross Pollutant Traps</i>
IARC	<i>International Agency for Research on Cancer</i>
IRBM	<i>Integrated River Basin Management</i>
IWRM	<i>Integrated Water Resources Management</i>
JAS	Jabatan Alam Sekitar
JBP	Jabatan Bomba dan Penyelamat
JKKP	Jabatan Keselamatan dan Kesihatan Pekerjaan (DOSH)
JKN	Jabatan Kesihatan Negeri
JPS	Jabatan Pengairan dan Saliran
KKM	Kementerian Kesihatan Malaysia
MEA	Perjanjian Pelbagai Hala Alam Sekitar
MESTECC	Kementerian Tenaga, Sains, Teknologi, Alam Sekitar dan Perubahan Iklim
MPPG	Majlis Perbandaran Pasir Gudang
SK	Sekolah Kebangsaan
SMK	Sekolah Menengah Kebangsaan
TMDL	Jumlah Beban Harian Maksimum
UTM	Universiti Teknologi Malaysia
VOC	Sebatian Organik Meruap

Ringkasan Eksekutif

Insiden keracunan gas toksik yang melibatkan beribu-ribu pelajar sekolah di Pasir Gudang, pada bulan Mac dan Jun 2019 telah mengejutkan orang ramai. Pelbagai pihak mula bersuara bagi menuntut tindakan segera oleh kerajaan untuk mencari dan menutup sumber gas, merawat mangsa-mangsa yang terjejas, menangkap dan mendakwa penjenayah yang terlibat bagi mengelakkan tragedi ini berulang. Badan Bertindak Mengenai Insiden Sungai Kim Kim dan Pasir Gudang Akademi Sains Malaysia (ASM) ditubuhkan dengan sokongan Menteri Tenaga, Sains, Teknologi, Alam Sekitar dan Perubahan Iklim (MESTECC) untuk menyiasat sumber gas toksik dan mencadangkan langkah-langkah untuk mencegah pengulangannya pada masa akan datang.

Tragedi ini bermula pada bulan Mac apabila sejumlah 5,039 orang telah dirawat untuk pelbagai gejala seperti mual, pening dan sesak nafas. Satu siasatan oleh pasukan HAZMAT mendapati sisa bahan kimia telah dibuang secara haram ke dalam Sungai Kim Kim. Pembersihan secara besar-besaran telah dilakukan dan insiden keracunan kimia toksik telah diisytiharkan tamat pada 4 April 2019. Walau bagaimanapun, lebih banyak kes mual, pening dan sesak nafas dilaporkan pada bulan Jun 2019. Kali ini 1,178 orang terjejas dan kebanyakannya adalah pelajar sekolah.

Lokasi kilang-kilang industri ringan, sederhana dan berat yang berhampiran dengan kawasan kediaman (38% daripada jumlah keseluruhan penggunaan tanah di Pasir Gudang) dan pengurangan zon penampungan untuk kilang kimia kepada hanya 500m, telah meningkatkan risiko akan berlakunya kemalangan industri yang boleh menjejaskan masyarakat di kawasan sekitar. Di samping itu, ketiga-tiga sungai di kawasan itu, Sungai Kim Kim, Sungai Masai dan Sungai Tukang Batu, dikelaskan sebagai sangat tercemar berdasarkan laporan alam sekitar 2017. Hal ini turut meningkatkan risiko lebih banyak pembuangan sisa kimia ke dalamnya.

Kebanyakan mangsa, pelajar sekolah yang berada di tingkat tiga dan empat bangunan sekolah, melaporkan terhidu bau yang menusuk hidung dan mengalami muntah, rasa mual, pening, sesak nafas, kerengsaan mata, sakit dada, sakit tekak dan batuk. Simptom-simptom ini konsisten dengan kesan sampingan pendedahan gas-gas toksik, yang kemudian dikenal pasti sebagai akrolein, akrilonitril, metil merkaptan dan benzena.

Pelajar sekolah lebih mudah terdedah berbanding orang dewasa kerana keluasan permukaan paru-paru mereka yang lebih besar dapat menyerap lebih banyak bahan kimia dengan mudah.

Buat masa ini, akrolein, akrilonitril dan metil merkaptan masih tidak dapat diklasifikasikan sebagai bahan pencemar di bawah EQA 1974. Oleh itu, gas-gas ini bukan “pencemar” dari segi undang-undang. Pelepasan kumulatif gas-gas ini mungkin melebihi kapasiti muatan pada alam sekitar meskipun pembebasan gas secara individu tidak mencemarkan udara dan memenuhi syarat yang boleh diterima. Takrifan bahan berbahaya alam sekitar (EHS) adalah terlalu umum dan kabur dan tidak menggambarkan kesan bahayanya. “Kajian untuk Mengukuhkan Tadbir Urus Bahan Kimia Berbahaya di Malaysia”, mendapati tiada inventori kimia, tiada mekanisme yang jelas untuk mengurangkan atau menghapuskan risiko kimia di peringkat kebangsaan, dan tiada badan penyelaras utama untuk mengurus bahan kimia huluan.

Badan Bertindak telah memeriksa rekod di Jabatan Keselamatan dan Kesihatan Pekerjaan (JKKP) Johor untuk mengenal pasti mana-mana gas beracun yang disimpan atau digunakan dalam kuantiti yang banyak di syarikat-syarikat kimia untuk mengenal pasti sumber pencemaran. Maklumat mengenai bahan kimia yang disimpan di premis syarikat boleh didapati dalam Sistem Maklumat dan Pengurusan Kimia (CIMS). Walau bagaimanapun, pada masa ini, kilang-kilang kimia hanya melaporkan kepada CIMS bahan kimia dalam simpanan yang diimport dan dihasilkan

melebihi 1 tan metrik, manakala bahan kimia yang dibeli dari syarikat tempatan tidak dilaporkan. Badan Bertindak mendapati maklumat dalam CIMS tidak lengkap kerana ia tidak diaudit dengan kerap. Maklumat tambahan mengenai bahan kimia berbahaya yang disimpan atau digunakan oleh kilang-kilang kimia boleh didapati dalam Laporan Penilaian Risiko Kesihatan Kimia (CHRA). Walau bagaimanapun, Badan Bertindak tidak mendapat akses kepada kesemua laporan CHRA di Pasir Gudang daripada JKKP.

Pembuangan sisa kimia di Sungai Kim Kim pada awalnya dipersalahkan tetapi kesimpulan ini tidak dapat dipertahankan kerana penyejatan gas berat dari tanah tidak akan mempunyai keapungan atau momentum yang mencukupi untuk sampai ke tingkat atas bangunan. Lagipun, sungai itu dalam keadaan bersih sebelum insiden kedua. Kebanyakan pelajar yang terjejas berada di tingkat atas bangunan sekolah, menunjukkan bahawa sumber sebenar adalah pada aras tinggi seperti dari serombong kilang kimia berhampiran.

Sumber sebenar boleh dikenal pasti melalui analisa data kepekatan bagi membuat kesimpulan kawasan sumber yang paling berkemungkinan. Data kepekatan yang diukur oleh peranti MultiRAE dan Gasmet telah disepadukan dengan data meteorologi dan kemudian trajektori balik gas dikira menggunakan Gaussian Plume Model sehingga kepekatan maksimum dicapai pada sumber titik. Akhir sekali fungsi ketumpatan kebarangkalian sumber titik bagi setiap gas dikira dengan menggunakan kaedah ketumpatan Kernel.

Dari liputan kontur ketumpatan tertinggi, ia boleh disimpulkan bahawa lokasi paling berkemungkinan untuk sumber akrolein, akrilonitril dan metil merkaptan berada dalam kawasan industri Pasir Gudang yang dikelilingi Jalan Pasir Gudang, Jalan Emas dan Jalan Pekeliling (kawasan 1). Ia juga boleh disimpulkan bahawa lokasi paling berkemungkinan untuk benzena adalah di kawasan industri Pasir Gudang yang dibatasi oleh Lebuhraya JB Pantai Timur, Jalan Pekeliling, dan Lebuhraya Pasir Gudang (kawasan 2).

Berdasarkan penemuan ini, Badan Bertindak menggariskan beberapa cadangan kepada

kementerian dan agensi untuk dilaksanakan bagi mengelakkan insiden keracunan gas toksik berulang lagi.

Tindakan segera yang disyorkan adalah untuk mengaudit syarikat-syarikat yang terletak di kedua-dua kawasan tersebut untuk menentukan inventori kimia sebenar mereka dan seterusnya mengenal pasti pihak-pihak yang bertanggungjawab.

Bagi mengenal pasti sumber pelepasan kimia toksik, pengumpulan data harus lebih teliti, konsisten dan lengkap. Data pemantauan udara dari Jabatan Alam Sekitar (JAS) dan data daripada Jabatan Meteorologi Malaysia perlu digabungkan dengan data epidemiologi dari Jabatan Kesihatan Negeri (JKN) bagi menentukan had tertinggi terhadap pendedahan kepada bahan pencemar sebelum simptom muncul. Pemodelan trajektori belakang terubah suai boleh dimanipulasi bagi menganalisa gas-gas toksik yang lebih tumpat daripada udara. Lokasi sumber boleh ditentukan dengan lebih tepat dengan memadankan siri masa kepekatan pencemar dengan siri masa yang dijana oleh model penyebaran pencemaran udara keadaan tidak mantap, CALPUFF dari setiap serombong dalam kawasan 1 dan 2. Alat yang lebih canggih untuk mengesan lebih banyak jenis bahan kimia toksik dalam persekitaran harus digunakan.

Dron boleh digunakan untuk mengukur gas di kawasan yang terjejas berpanduan GPS bagi memetakan ketinggian dan lokasi. Penyiasatan cap jari kimia perlu dijalankan untuk menentukan komponen sebenar gas toksik. Ada kemungkinan terdapat lebih banyak bahan kimia toksik yang memberi kesan kepada mangsa selain daripada empat gas yang ditemui.

Keadaan yang boleh diterima untuk yang akan mengklasifikasikan gas toksik sebagai bahan pencemar di bawah EQA 1974 harus diwujudkan. Oleh kerana keadaan yang boleh diterima adalah untuk pelepasan gas secara individu, pelepasan gas kumulatif yang melebihi jumlah kapasiti muatan mana-mana gas toksik juga perlu dikawal. Takrifan EHS perlu dipinda supaya ianya lebih spesifik dan turut merangkumi keseluruhan ciri-ciri berbahayanya juga. Bahan kimia yang dilaporkan dalam CIMS harus merangkumi bahan

kimia yang diperoleh melalui pembekal tempatan dalam ekonomi kitaran. Pelepasan gas toksik dan tumpahan kimia dalam kuantiti yang besar harus dilaporkan segera kepada Jabatan Bomba dan Penyelamat (JBP), JAS, JKPP dan JKN bagi pelaksanaan pelan tindak balas kecemasan. Oleh kerana zon penampungan minimum antara kilang-kilang kimia dan kawasan kediaman hanya 500m, ianya turut disarankan agar zon penampungan minimum ditingkatkan menjadi 1 - 1.5km.

Badan Bertindak mengesyorkan penggunaan cadangan dalam "Kajian untuk Mengukuhkan Tadbir Urus Bahan Kimia Berbahaya di Malaysia". Bagi mengukuhkan tadbir urus kimia, CIMS di bawah JKPP perlu disepadukan dengan Sistem Pemberitahuan dan Pendaftaran EHS di bawah JAS. Cadangan yang lebih radikal adalah untuk menubuhkan badan berkanun untuk mentadbir pengurusan bahan kimia seperti Suruhanjaya Pengurusan Bahan Kimia.

Pengurusan Sumber Air Bersepadu (IWRM) / Pengurusan Lembangan Sungai Bersepadu (IRBM) perlu dilaksanakan di peringkat makro untuk mengintegrasikan pelan pengurusan bagi parit, sungai dan laut. Infrastruktur yang mencukupi perlu dikemaskini dengan menentukan TMDL (Jumlah Beban Harian Maksimum) untuk sedimen dan pencemar di lokasi kritikal. Teknologi semasa ekonomi kitaran dan sisa sifar juga perlu dipupuk. Adalah dicadangkan bahawa Enakmen Air Johor 1921 diselaraskan kepada keperluan IWRM/ IRBM yang termasuk pengurusan pencemaran dan pemulihan alam sekitar dan kemampuan pertubuhan air. Badan Bertindak juga menyarankan agar Laporan Akhir Pelan Induk Pengurusan Air Hujan untuk Pasir Gudang, (2010) diadaptasi. Antara cadangan tersebut ialah membina lembangan sedimen bagi kawalan sedimen, tanah basah dan sistem penahanan bio untuk kawalan pencemaran, perangkap pencemar kasar (GPT) dan tangki tahanan tempatan untuk penyimpanan air semasa banjir.

1.0 PENGENALAN

Pada Mac 2019, Pasir Gudang menjadi tajuk utama dan menarik perhatian negara selepas beribu-ribu individu, kebanyakannya pelajar sekolah, dilaporkan mengalami masalah pernafasan yang teruk, pengsan, muntah, pening dan kekejangan otot di tangan dan kaki setelah menghidu bau terbakar yang menusuk hidung yang ternyata dari gas/wap toksik. Kebanyakan mangsa dihantar ke hospital untuk rawatan perubatan kecemasan dan sebahagian daripada mereka dimasukkan ke hospital untuk pemerhatian dan rawatan lanjut. Tidak lama selepas tragedi itu, pembuangan sisa bahan kimia secara haram ditemui di sungai berdekatan, Sungai Kim Kim, yang segera dianggap oleh pihak berkuasa sebagai sumber gas/wap toksik yang menjejaskan pelajar sekolah. Pembersihan sungai secara besar-besaran telah diperintahkan oleh JAS untuk menghentikan sebarang pelepasan gas toksik dari sisa bahan kimia itu.

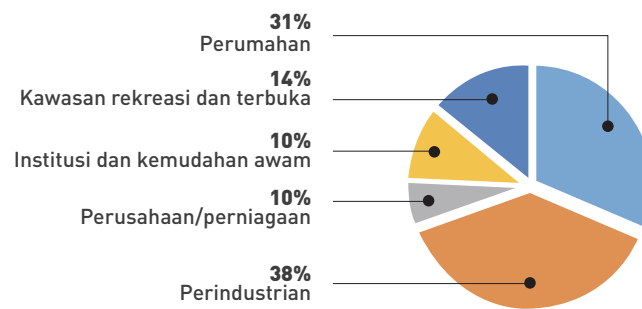
Bagaimanapun, pada bulan Jun 2019, lebih ramai pelajar sekolah dilaporkan mengalami simptom yang sama di sejumlah besar sekolah di kawasan itu. Kali ini tiada pembuangan sisa kimia dikesan di Sungai Kim Kim kerana ia telah dibersihkan selepas insiden pertama. Insiden kedua telah menimbulkan keraguan sama ada sumber gas toksik itu adalah daripada sisa kimia Sungai Kim Kim atau sumber lain.

Walaupun bilangan kes tidak setinggi insiden di Sungai Kim Kim, ia cukup untuk menimbulkan ketakutan dalam kalangan rakyat apabila ia menjadi tajuk utama berita nasional. Pelbagai pihak mula menyeru supaya kerajaan segera menamatkan tragedi di Pasir Gudang dengan mencari dan mendakwa penjenayah dan mengambil langkah pencegahan. Badan Bertindak Mengenai Insiden Sungai Kim Kim dan Pasir Gudang ditubuhkan oleh ASM dengan sokongan Menteri MESTECC, YB Yeo Bee Yin, untuk mengenal pasti sumber gas toksik dan mencadangkan langkah-langkah pencegahan.

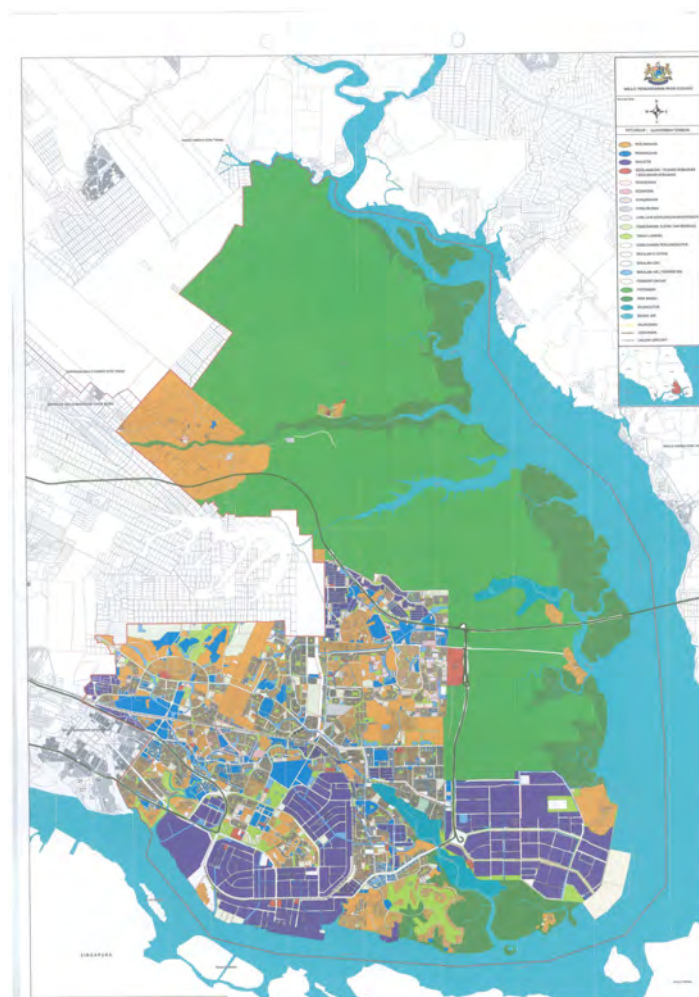
1.1 GAMBARAN MENYELURUH - PASIR GUDANG

1.1.1 Kegunaan Tanah di Pasir Gudang

Pasir Gudang, Johor ialah tempat bermulanya salah sebuah pelabuhan terbesar dan terawal di negara ini. Banyak faktor seperti sokongan infrastruktur sedia ada, air yang dalam, dan tanah yang banyak untuk penambakan tanah menjadikan kawasan itu tempat semula jadi untuk membina sebuah pelabuhan. Industri maritim yang berkembang pesat di Pasir Gudang adalah pemangkin utama yang memacu pembangunan kawasan perindustrian dan perbandaran baharu. Ia mula ditubuhkan pada tahun 1973 dengan pembukaan awal kawasan perindustrian seluas 110 hektar (Arkib Negara Malaysia, 2019). Maklumat daripada Majlis Perbandaran Pasir Gudang (MPPG) menunjukkan bahawa terdapat 801 kilang perindustrian bercampur (ringan, sederhana dan berat) di kawasan perbandaran. Pengagihan penggunaan tanah di Pasir Gudang ditunjukkan dalam Rajah 1. Angka menunjukkan bahawa penggunaan tanah untuk industri merangkumi bahagian terbesar kawasan tanah Pasir Gudang (38% atau 1,775 hektar) (Majlis Bandaraya Pasir Gudang, 2019).



Rajah 1 Luas Penggunaan Tanah di Pasir Gudang (hektar)
(Sumber: Majlis Bandaraya Pasir Gudang)



Rajah 2 Pelan Struktur Pasir Gudang
(Sumber: Majlis Bandaraya Pasir Gudang)

Tambahan pula, seperti yang dapat dilihat dalam Rajah 2, lokasi kawasan perumahan, institusi dan kemudahan awam (termasuk sekolah) yang berhampiran dengan kawasan perindustrian merupakan salah satu faktor utama insiden keracunan gas toksik di Sungai Kim Kim dan Pasir Gudang. Dengan kira-kira 2,005 kilang perindustrian yang terletak berhampiran kawasan kediaman yang sangat padat dengan penduduk di Pasir Gudang, ianya ibarat bom jangka masa untuk bencana industri yang besar. Hampir setengah juta penduduk menetap bersebelahan dengan pelbagai industri berat termasuk 254 buah kilang kimia. Kini, zon penampungan untuk industri berat di Pasir Gudang hanya berjarak 500m, kurang daripada 1,500m pada awal 1990-an.

Jadual 1 Zon Penampungan untuk Pelbagai Jenis Industri

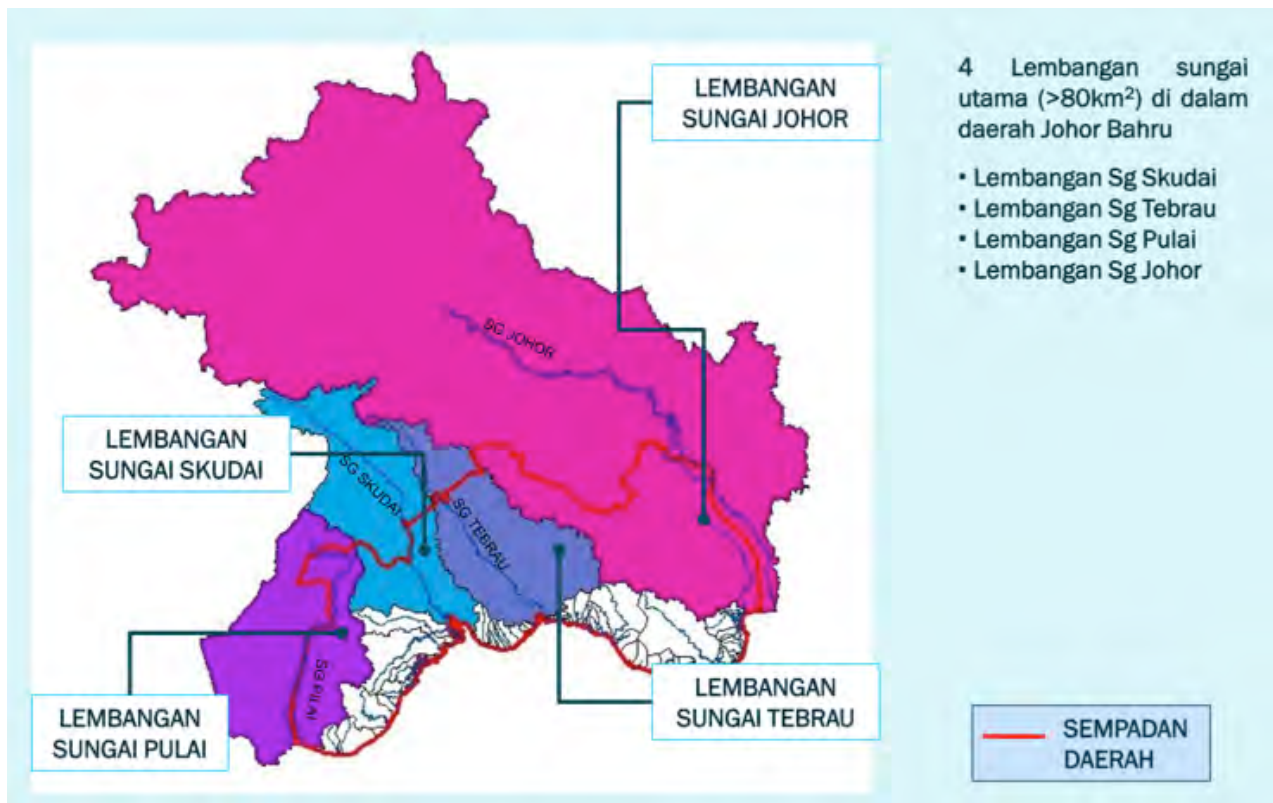
Jenis Industri	Zon penampungan (meter)
Kecil	50
Sederhana	250
Berat	500

(Sumber: Jabatan Alam Sekitar)

1.1.2 Sistem Sungai dan Saliran Air Hujan di Pasir Gudang

Pasir Gudang dibatasi oleh Sungai Kim Kim dan Sungai Masai di timur dan barat dan Selat Tebrau di selatan seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 3. Sungai Kim Kim dan Sungai Masai terletak di selatan lembangan Sungai Johor. Air hujan dan air permukaan akan mengalir ke Sungai Kim Kim atau Sungai Masai. Kedua-dua lembangan sungai adalah lebih kecil daripada lembangan Sungai Johor atau Sungai Tebrau. Rajah 4 adalah peta *Google Earth* yang menunjukkan lokasi Pasir Gudang, sebuah kawasan perindustrian yang padat, dibatasi oleh Sungai Kim Kim dan Sungai Masai.

Rajah 5 menunjukkan butiran lembangan sungai yang lebih kecil di daerah Pasir Gudang. Terdapat banyak lagi sistem lembangan sungai di antara Sungai Kim Kim dan Sungai Johor. Sungai Tukang Batu, yang kualiti airnya adalah Kelas 5 atau sangat tercemar, berada di penghujung kawasan selatan dan mengalir ke Selat Tebrau di Pelabuhan Pasir Gudang.



Rajah 3 Lembangan Sungai di Daerah Johor Bahru
(Sumber: Jabatan Pengairan dan Saliran)



Rajah 4 Kawasan Industri Pasir Gudang
(Sumber: Peta Google Earth)



Rajah 5 Cadangan Pelan Induk Pengurusan Air Hujan untuk Pasir Gudang (2010)
(Sumber: Jabatan Pengairan dan Saliran)

1.1.3 Rangka Kerja Pengawasan Pencemaran Alam Sekitar Sedia Ada

Syarat Boleh Diterima Bagi Pencemar Dalam EQA 1974

Di Malaysia, takrif “pencemaran” di bawah Akta Kualiti Alam Sekitar (EQA) 1974 telah dipinda pada tahun 2012 kepada keadaan yang boleh diukur berdasarkan beberapa syarat berbanding keadaan deskriptif sebelumnya. Antara syarat tersebut ialah pengeluaran, pelepasan atau endapan bahan berbahaya kepada alam sekitar dan pencemar atau sisa.

Pindaan EQA 1974 pada tahun 2012 akan memperkuat bahagian penguatkuasaan JAS dalam mendakwa individu/syarikat yang menyebabkan “pencemaran” seperti yang ditakrifkan di bawah EQA 1974. Sebagai contoh, keadaan yang boleh diterima untuk pelepasan raksa bagi industri kimia dan petrokimia dalam Peraturan Kualiti Alam Sekitar (Udara bersih) 2014 berdasarkan peruntukan Seksyen 21 dan 51, adalah 0.05 mg Nm^{-3} yang mesti dipantau secara berkala. Ini bermakna, apa-apa pelepasan raksa yang melebihi 0.05 mg Nm^{-3} dianggap sebagai “pencemaran” di bawah EQA 1974. Walau bagaimanapun, kelemahan utama ialah bukan semua bahan kimia mempunyai syarat-syarat yang boleh diterima dan diukur yang telah diwartakan.

Bahan Berbahaya Alam Sekitar (EHS) dalam EQA 1974

Di bawah EQA 1974, EHS ditakrifkan sebagai bahan yang boleh menyebabkan pencemaran. Oleh kerana definisi EHS dalam EQA 1974 adalah luas dan tidak jelas, liputan bahan yang boleh menyebabkan pencemaran adalah sangat subjektif. Takrif EHS perlu dipinda dengan memasukkan ciri-ciri bahan, tanpa mengira sama ada ia boleh menyebabkan pencemaran.

Pada awal Januari 2019, JAS memaklumkan pihak berkepentingan mengenai hasratnya untuk meminda EQA 1974 supaya definisi EHS dikaitkan dengan senarai bahan kimia dalam Perjanjian Pelbagai hala Alam Sekitar (MEA) mengenai bahan kimia seperti Konvensyen Rotterdam, Konvensyen Stockholm dan Konvensyen Minamata. Pindaan ini bertujuan untuk mewujudkan rangka kerja undang-undang di Malaysia untuk mengesahkan MEA. Inisiatif ini baik, tetapi ia telah mengecilkan skop EHS sebagai langkah pencegahan dalam EQA 1974.

1.2 GAMBARAN KESELURUHAN INSIDEN

1.2.1 Insiden Sungai Kim Kim (Mac 2019)

Insiden keracunan gas toksik yang pertama berlaku dalam tiga gelombang. Pada gelombang pertama yang bermula pada 7 Mac 2019, terdapat 71 kes dilaporkan, kebanyakannya pelajar sekolah di dua buah sekolah, Sekolah Kebangsaan (SK) dan Sekolah Menengah Kebangsaan (SMK) Taman Pasir Putih. Kebanyakan mangsa melaporkan rasa mual, pening kepala dan sesak nafas. Beberapa pelajar juga mengalami kerengsaan mata, sakit dada, batuk, sakit tekak, demam dan muntah. Ini diikuti oleh gelombang kedua yang bermula pada 11 Mac 2019 selepas hujan lebat. Gelombang ketiga yang bermula pada 13 Mac 2019 menjejaskan lebih daripada seribu mangsa, yang kebanyakannya adalah pelajar sekolah. Kebanyakan pelajar sekolah yang terjejas berada di bilik darjah di tingkat tiga dan empat bangunan sekolah. Sejumlah 5,039 kes individu di 12 buah sekolah telah dilaporkan.

Dengan mengesan sumber bau dan menggunakan MultiRAE Detector untuk mengesan gas, HAZMAT Johor telah menemui pembuangan haram sisa kimia secara besar-besaran di bawah jambatan di Sungai Kim Kim, 1km ke hulu dari SK Taman Pasir Putih pada 7 Mac 2019. Pengujian selanjutnya menggunakan Gasmeter DX4030 oleh HAZMAT Melaka, di mana kehadiran akrilonitril, akrolein, benzena, hidrogen klorida, toluena, xilena, etilbenzena dan D-limonena telah dikesan (Jawatankuasa Saintifik Pembuangan Haram Sisa Kimia di Pasir Gudang, 2019).

Pihak berkuasa segera membuat kesimpulan bahawa pembuangan haram sisa buangan kimia di sungai berdekatan, Sungai Kim Kim, telah mencetuskan gelombang pertama dan kedua. Pembersihan dan penyingkiran buangan kimia toksik dan tanah tercemar adalah punca gelombang ketiga.

Kawasan perumahan yang teruk terjejas adalah Taman Kota Masai, Taman Pasir Putih, Taman Tanjung Puteri Resort, Taman Cendana, Taman Air Biru dan Taman Mawar, manakala sekolah yang terjejas ialah SMK Kota Masai, SK Taman Pasir Putih dan SMK Tanjung Puteri. Rajah 9 menunjukkan lokasi kawasan yang terjejas.

Kakitangan MPPG, JAS dan Jabatan Pengairan & Saliran (JPS) bersama-sama mengepam 2.5 tan sisa kimia dari sungai dan menggali tanah yang tercemar di tapak pembuangan. Mereka juga membendung sisa kimia daripada mengalir ke hilir dengan menggunakan bum penghalang minyak melintasi sungai. Syarikat 5E Resources Sdn Bhd telah dilantik untuk melupus sisa kimia dan tanah yang tercemar, serta untuk membersihkan sungai.

JBP Johor mengarahkan pemindahan dan penutupan kesemua 111 buah sekolah di Pasir Gudang pada 13 Mac 2019 sehingga notis selanjutnya untuk mengelakkan insiden keracunan gas toksik dan memudahkan siasatan terhadap sumber gas. Berdasarkan hasil siasatan, dua orang pengarah dan seorang pekerja sebuah syarikat pemprosesan tayar telah didakwa di Mahkamah Sesyen Johor Bahru pada 11 Mac kerana melupus sisa kimia secara haram (Bernama, 2019).

Insiden keracunan bahan kimia toksik pertama diisytiharkan tamat pada 4 April 2019. Namun, satu lagi insiden berulang pada bulan Jun 2019.

1.2.2 Insiden Pasir Gudang (Jun 2019)

Insiden keracunan gas toksik yang kedua juga berlaku dalam tiga gelombang. Gelombang pertama insiden bermula pada 20 Jun 2019 di Sekolah Agama Taman Mawar, Pasir Gudang dan Sekolah Kebangsaan Pasir Gudang 4 telah menjejaskan 29 pelajar sekolah. Pelajar sekolah dilaporkan mengalami kesukaran bernafas dan muntah-muntah. Ini diikuti oleh gelombang kedua yang bermula pada 22 Jun 2019 dan gelombang ketiga yang bermula pada 30 Jun 2019 yang menjejaskan lebih daripada seribu mangsa, kebanyakannya pelajar sekolah. Kebanyakan pelajar yang terjejas berada di bilik darjah di tingkat tiga dan empat bangunan sekolah. Kebanyakan mangsa mengalami muntah-muntah, pening dan sesak nafas. Beberapa mangsa juga mengalami kerengsaan mata, sakit dada, sakit tekak, batuk dan demam. Sebanyak 1,178 kes individu di 22 buah sekolah telah dilaporkan.

Terdapat lebih banyak sekolah yang teruk terjejas dalam insiden kedua ini. 20 sekolah yang terjejas ialah SMK Tanjung Puteri Resort, SK Kopok, SK Tanjung Puteri Resort, SK Taman Pasir Putih, SMK Pasir Putih, SK Pasir Gudang 4, SMK Taman Nusa Damai, SK Pasir Gudang 3, SK Taman Bukit Dahlia SK Kota Masai, SMK Bandar Seri Alam, SK Taman Scientex, SMK Taman Megah Ria, SK Taman Nusa Damai, SK Taman Rinting 3, SK Taman Cendana, SMK Kota Masai, SK Desa Cemerlang dan SK Taman Rinting.

Empat gas toksik, akrolein, akrilonitril, metil merkaptan dan benzena, dikesan menggunakan Gasmet oleh kakitangan JAS dan oleh sekolah-sekolah. Sumber gas beracun tidak dapat ditentukan dari pengagihan data kepekatan yang tidak konsisten. Walau bagaimanapun, sisa kimia yang dibuang di Sungai Kim Kim boleh diketepikan kerana ia telah dilupuskan dan Sungai Kim Kim bersih semasa insiden kedua ini. Tiada tapak pembuangan sisa kimia yang lain telah ditemui.

2.0 KAEDAH KAJIAN

Pada 17 Julai 2019 mesyuarat pertama Badan Bertindak ASM diadakan untuk menentukan halatuju tindakan. Pemegang taruh dan pakar dalam bidang yang berkaitan telah dikenal pasti dan dijemput untuk menyumbang data dan berkongsi penemuan awal mereka. Permintaan data juga dibuat kepada agensi-agensi berkaitan seperti JAS, KKM, JKPP, MPPG, JPS dan Universiti Teknologi Malaysia (UTM). Secara keseluruhannya, anggota Badan Bertindak telah berkumpul sebanyak empat kali untuk memuktamadkan laporan akhir ini.

2.1 PENGUMPULAN DATA

2.1.1 Data Kepekatan Gas Toksik

Data berikut telah diperolehi daripada JAS, Johor:

- Data kepekatan ketiga-tiga gas toksik yang diukur menggunakan Gasmeter DX4030 di 42 sekolah dari 17-18 Mac 2019
- Data kepekatan VOC yang diukur menggunakan peranti MultiRAE di 111 sekolah dari 4-14 July 2019.
- Data pencemaran udara, yang juga termasuk benzena dan data meteorologi daripada stesen pemantauan selanjar/stesen bergerak Jabatan Alam Sekitar (ID stesen: CA34J) dari Januari 2019 hingga sekarang.

Data kepekatan oleh MultiRAE dan Gasmeter digabungkan dengan data meteorologi menggunakan cop masa.

2.1.2 Data Epidemiologi Insiden Gas Toksik

Data epidemiologi berikut telah diperolehi daripada

Dr Thilaka Chinnayah, Ketua, Unit Kesihatan Pekerjaan dan Alam Sekitar (KPAS), Bahagian Kesihatan Awam, Jabatan Kesihatan Negeri Johor

- Kronologi peristiwa keracunan gas toksik
- Bilangan kes yang dilaporkan mengikut umur, etnik, jantina, pekerjaan, gejala dan rawatan perubatan
- Nama dan lokasi sekolah yang terjejas
- Nama dan lokasi kawasan kediaman yang terjejas
- Siri masa lengkok epidemiologi kes-kes keracunan toksik



2.1.3 Data Tadbir Urus Kimia

Data tadbir urus kimia berikut diperoleh daripada Jabatan Keselamatan dan Kesihatan Pekerjaan Johor:

- Inventori bahan kimia di syarikat kimia dalam CIMS
- Inventori bahan kimia di syarikat kimia dalam laporan CHRA

2.1.4 Kajian Saintifik Insiden Sungai Kim Kim

Kajian saintifik mengenai insiden Sungai Kim Kim diperoleh daripada Profesor Abdull Rahim Mohd Yusoff, Pengerusi Jawatankuasa Saintifik Kes Pembuangan Haram Sisa Kimia di Sungai Kim Kim, UTM. Kajian tersebut menyimpulkan bahawa sumber gas toksik dalam insiden pertama adalah dari pembuangan haram sisa kimia di Sungai Kim Kim.

2.2 LAWATAN TAPAK

Badan Bertindak ASM telah melawat kawasan Pasir Gudang untuk bertemu responden pertama dan pihak berkuasa yang terlibat secara langsung dalam kejadian tersebut pada 26 hingga 27 Ogos 2019. Setibanya pada pagi 26 Ogos 2019, Badan Bertindak telah melawat tapak pembuangan sisa kimia di bawah jambatan di Sungai Kim Kim iaitu 1km ke hulu lokasi kejadian pertama. Ini diikuti dengan lawatan ke SK Kota Masai 1. Badan Bertindak telah menemubual Guru Besar mengenai kronologi kejadian gas toksik pertama dan tindak balas sekolah dan pihak berkuasa. Pada sebelah petang, Badan Bertindak telah pergi ke Fakulti Sains, UTM untuk menghadiri mesyuarat yang dipengerusikan oleh Dekan, Profesor Abdull Rahim Mohd Yusoff dan berkongsi hasil terkini dengan agensi-agensi berikut:

1. Jawatankuasa Saintifik Kes Pembuangan Haram Sisa Kimia di Pasir Gudang, UTM
2. Jabatan Kesihatan Negeri Johor
3. Jabatan Alam Sekitar Negeri Johor
4. Jabatan Keselamatan dan Kesihatan Pekerjaan Johor
5. Jabatan Pendidikan Negeri Johor
6. Jabatan Pengairan dan Saliran Johor
7. Jabatan Mineral dan Geosains Johor
8. Jabatan Meteorologi Malaysia Johor

Keesokan harinya (28 Ogos 2019), Badan Bertindak telah melawat tiga lagi sekolah pada waktu pagi sebelum pulang ke Kuala Lumpur pada waktu petang:

1. SK Pasir Putih
2. SMK Tanjung Puteri Resort
3. SMK Pasir Putih

Semua sekolah menyokong kronologi peristiwa, gejala-gejala yang diperhatikan dan kes-kes utama di tingkat ketiga dan keempat bangunan sekolah seperti yang dilaporkan oleh KKM dan JAS.

2.3 ANALISIS DATA

2.3.1 Analisis Awal Data Kepekatan

Satu analisis awal dilakukan untuk menggunakan data kepekatan sebatian organik meruap (VOC) yang diukur oleh pengesan MultiRAE dari 4 Julai 2019 hingga 14 Julai 2019 di 111 buah sekolah dan data kepekatan tiga gas yang diukur oleh Gasmeter DX4030 di 42 sekolah dari 17-18 Mac 2019. Dengan mengintegrasikan data dari stesen kualiti udara JAS (stesen ID CA34J) dan ukuran MultiRAE dan Gasmeter, sumber gas yang berkemungkinan bagi setiap sekolah boleh dianggarkan menggunakan kelajuan angin dan arah. Parameter yang menghubungkan antara kedua-dua set data adalah cop masa pengukuran.

Anggapan yang dibuat untuk analisis ini adalah VOC dibawa mengikut angin tanpa sebarang penyebaran dan tiupan angin tidak berubah. Adalah penting untuk diperhatikan bahawa 84 daripada 111 sekolah (77%) mencatatkan kepekatan VOC di bawah had pengesanan. Oleh itu, analisis ini memberi tumpuan kepada nilai-nilai kepekatan VOC tertinggi.

2.3.2 Analisis Terperinci Data Kepekatan

Dalam analisis yang lebih terperinci, dengan menggunakan data yang digabungkan, trajektori balik gas dikira dengan mengira jarak tiupan angin bagi nilai kepekatan tertinggi menggunakan Gaussian Plume Model. Parameter penyebaran, atau sigma (σ), dianggarkan menggunakan data radiasi solar dan kelajuan angin, dan kelas kestabilan atmosfera Pasquill. Radiasi solar juga digunakan secara linear untuk menginterpolasi ketinggian lapisan sempadan di antara julat minimum dan maksimum 300m hingga 1000m.

Sebaik sahaja jarak dengan kepekatan maksimum dikira, ia digabungkan dengan arah angin untuk menganggarkan sumber hilir angin menggunakan koordinat kutub yang dipetakan ke *Universal Transverse Mercator* dan koordinat latitud-longitud. Ini menghasilkan pelbagai lokasi sumber (> 250 sumber) di kawasan Pasir Gudang. Oleh itu, untuk meringkaskan lokasi sumber ke dalam plot yang boleh dibaca, kaedah ketumpatan kernel digunakan untuk menggabungkan lokasi sumber ke dalam kontur "ketumpatan" yang menyoroti lokasi bilangan kejadian yang paling banyak. Julat warna adalah dari merah (kira-kira 250) hingga kuning (kira-kira 10).

3.0 ANALISIS DAN DAPATAN

3.1 ASAL-USUL GAS TOKSIK

3.1.1 Jenis Gas Toksik yang Ditemui

Kejadian Sungai Kim Kim melaporkan kehadiran gas akrilonitril, akrolein, dan benzena. Sebaliknya, gas yang dilaporkan dalam kejadian kedua adalah akrilonitril, akrolein dan metil merkaptan. Bahan-bahan kimia ini kemungkinan besar digunakan oleh kilang cat, pemprosesan plastik dan racun perosak.

3.1.2 Analisis Pengangkutan Bahan Pencemar

Tiga gas toksik yang dikesan dalam kedua-dua insiden adalah lebih tumpat daripada udara. Gravititi tentu terhadap udara kering metil merkaptan, akrilonitril dan akrolein masing-masing adalah 1.66, 1.9 dan 1.9. Gravititi tentu udara kering adalah 1.0 dan ketumpatannya adalah 1.25 kg Nm^{-3} .

Jika sumber pelepasan adalah dari penyejatan sisa kimia haram yang terletak di aras tanah seperti di permukaan Sungai Kim Kim dalam kejadian pertama atau dari permukaan tong terbuka di premis syarikat pelupusan sisa kimia, campuran gas akan berada pada suhu yang sama di udara sekeliling.

Perbezaan ketumpatan campuran gas dengan udara di sekeliling akan mengenakan keupulan gas yang dihasilkan oleh fluks penyejatan, daya keapungan negatif bersih yang akan membendunginya paling dekat dengan tanah hampir dengan sumber.

Dengan mengandaikan daya seretan menegak udara di mana aliran gas boleh diabaikan, daya keapungan bersih bagi arah menegak pada plum gas adalah perbezaan antara daya graviti dan daya keapungan udara yang terganti menurut Hukum Archimedes, diberikan

$$F_B = (\rho_A - \rho_G) V_p g \quad (1)$$

dengan F_B ialah daya keapungan bersih, ρ_A & ρ_G ialah masing-masing ketumpatan udara dan gas, V_p ialah isipadu plum gas dan g ialah pecutan graviti. Pengiraan cepat pada gas yang paling padat, metil merkaptan akan menghasilkan keapungan bersih negatif per unit isi padu kira-kira -8.09 Nm^{-3} .

Jadual 2 Kesan Gas Berbahaya yang Dilaporkan

1 Bahan Kimia : Akrolein

Kesan pendedahan jangka pendek

Lakrimasi. Merengsa mata, kulit dan saluran pernafasan. Penyedutan kepekatan tinggi boleh menyebabkan edema paru-paru (Lihat Nota). Kesan mungkin tertangguh. Pemerhatian perubahan ditunjukkan. Penyedutan: Penderiaan membakar. Batuk. Sukar bernafas. Sesak nafas. Sakit tekak. Loya. Gejala mungkin tertangguh.

Tahap Panduan Pendedahan Akut (AEGL) 1 (8jam) (ppm)
0.03

Tahap Panduan Pendedahan Akut (AEGL) 3 (8hr) (ppm)
0.27

Kesan pendedahan jangka panjang

Acrolein tidak dikelaskan sebagai karsinogenik kepada manusia (Kumpulan 3).

Tahap Panduan Pendedahan Akut (AEGL) 2 (8jam) (ppm)
0.1

Nilai IDLH (ppm)
2

Kepekatan yang Diukur di Tapak (ppm)
1.51-3.80

2 Bahan Kimia : Akrilonitril

Kesan pendedahan jangka pendek

Merengsa mata, kulit dan saluran pernafasan. Boleh menjejaskan sistem saraf pusat. Pendedahan yang jauh melebihi Had Pendedahan Pekerjaan (OEL) boleh menyebabkan kematian. Kesan mungkin tertangguh (Lihat Nota). Pemerhatian perubatan ditunjukkan. Penyedutan: Pening. Sakit kepala. Loya. Sesak nafas. Muntah. Kelemahan. Kejutan. Ketegangan dada.

Tahap Panduan Pendedahan Akut (AEGL) 1 (8hr) (ppm)
N/A

Tahap Panduan Pendedahan Akut (AEGL) 3 (8hr) (ppm)
5.2

Kesan pendedahan jangka panjang

Sentuhan berulang atau berpanjangan boleh menyebabkan kepekaan kulit. Mempengaruhi sistem saraf pusat dan hati. Ia mungkin karsinogenik kepada manusia (IARC Group 2B).

Tahap Panduan Pendedahan Akut (AEGL) 2 (8hr) (ppm)
0.26

Nilai IDLH (ppm)
60

Kepekatan yang Diukur di Tapak (ppm)
1.18-2-8

3 Bahan Kimia : Metil Merkaptan

Kesan pendedahan jangka pendek

Merengsa mata dan saluran pernafasan. Boleh menjejaskan sistem saraf pusat. Boleh menyebabkan kemurungan pernafasan. Pendedahan di peringkat tinggi boleh menyebabkan keadaan tidak sedar dan kematian. Kesan mungkin tertangguh. Pemerhatian perubatan ditunjukkan. Penyedutan: Batuk. Sakit tekak. Pening. Sakit kepala. Loya. Muntah. Tidak sedar.

Tahap Panduan Pendedahan Akut (AEGL) 1 (8hr) (ppm)
N/A

Tahap Panduan Pendedahan Akut (AEGL) 3 (8hr) (ppm)
22

Kesan pendedahan jangka panjang

Dermatitis boleh berlaku dengan pendedahan kronik. Ia tidak dikelaskan untuk kesan karsinogenik

Tahap Panduan Pendedahan Akut (AEGL) 2 (8hr) (ppm)
7.3

Nilai IDLH (ppm)
150

Kepekatan yang Diukur di Tapak (ppm)
0

4 Bahan Kimia : Benzene

Kesan pendedahan jangka pendek

Merengsa mata, kulit dan saluran pernafasan. Jika cairan ini ditelan, aspirasi ke dalam paru-paru boleh menyebabkan pneumonitis kimia. Boleh menjejaskan sistem saraf pusat. Boleh menyebabkan penurunan kesedaran. Pendedahan yang jauh di atas OEL boleh menyebabkan tidak sedar dan kematian. Penyedutan: Pening, mengantuk, sakit kepala. Loya sesak nafas. kejutan. tidak sedar.

Tahap Panduan Pendedahan Akut (AEGL) 1 (8hr) (ppm)
9

Tahap Panduan Pendedahan Akut (AEGL) 3 (8hr) (ppm)
990

Kesan pendedahan jangka panjang

Leukemia -IARC Kumpulan 1
Anemia aplastik

Tahap Panduan Pendedahan Akut (AEGL) 2 (8hr) (ppm)
200

Nilai IDLH (ppm)
500

Kepekatan yang Diukur di Tapak (ppm)
1.56-4-32

Sumber: *International Labour Organization (ILO), International Chemical Safety Cards (ICSCs), The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), US Environmental Protection Agency, World Health Organization, Agency for Toxic Substances and Disease Registry*

Nota:

Acute exposure guideline levels (AEGLs) (United States Environmental Agency, 2019)

Tahap 1: Ketidakselesaian ketara, kerengsaan, atau kesan bukan deria tidak bersimtom. Walau bagaimanapun, kesannya tidak mengurangkan upaya dan adalah sementara dan boleh diterbalikkan selepas pemberhentian pendedahan.

Tahap 2: Kesan kesihatan yang tidak boleh dipulihkan atau lain-lain yang serius, atau terjejas keupayaan melepaskan diri.

Tahap 3: Kesan kesihatan atau kematian yang mengancam nyawa.

IARC

Kumpulan 1: Karsinogenik kepada manusia

Kumpulan 2B: Besar kemungkinan karsinogenik kepada manusia

Kumpulan 2A: Kemungkinan karsinogenik kepada manusia

Kumpulan 3: Tidak dikelaskan sebagai karsinogenik

Jika halaju olakan angin adalah sekitar 2 ms^{-1} dan halaju angin menegak adalah sekitar 1 ms^{-1} , dan jika 1 jam telah berlalu selepas pelepasan itu, plum itu akan tersebar lebih mendatar sepanjang arah aliran angin daripada arah tegak kerana halaju plum menegak, w adalah negatif disebabkan oleh keapungan negatif gas.

Ia juga akan mengalami daya seretan ke arah yang bertentangan alirannya oleh udara sekelilingnya berkadar dengan luas plum yang diunjurkan dan ganda dua halajunya, yang akan melambatkannya. Ia juga akan menjalani pengiringan udara di sekelilingnya, yang merupakan fungsi momentum dan nombor Froude permulaannya Fr_D yang diberikan

$$Fr_D = \frac{u_i}{\sqrt{D_i g (\rho_G - \rho_A) / \rho_A}}$$

dengan u_i ialah halaju permulaan dan D_i ialah garis pusat plum gas.

Walau bagaimanapun, jika sumber gas ialah penyejatan daripada sisa kimia seperti yang telah dibincangkan sebelum ini, kepulan apungan negatif yang mengalir akan mempunyai sedikit sahaja keapungan, halaju awal rendah merendahkan nilai nombor Froude dan momentum kepulan; dan graviti menjadi daya yang dominan pada plum. Plum tidak akan bergerak jauh tetapi akan cenderung menyebar di sekitar Sungai Kim Kim dan tinggal di tanah. Justeru itu dijangkakan hanya kawasan kediaman terdekat Sungai Kim Kim yang terjejas akibat pelepasan.

Semasa sesi perbincangan dengan Pengetua dan Pembantu Kanan sekolah-sekolah yang terjejas oleh insiden Sungai Kim Kim dan Pasir Gudang, Badan Bertindak telah dimaklumkan bahawa kebanyakan pelajar sekolah yang terjejas berada di bilik darjah di tingkat ketiga dan keempat bangunan sekolah. Ini tidak konsisten dengan anggapan bahawa sumber itu adalah penyejatan menguap dari Sungai Kim Kim memandangkan momentum plum itu terlalu rendah dan juga keapungan sangat negatif untuk sampai ke aras sekolah yang lebih tinggi tetapi sebaliknya hanya akan lebih tertumpu berhampiran tanah. Oleh itu, jangkaan yang dibuat adalah bilik darjah di tingkat bawah akan terjejas dan bukannya di tingkat atas. Selain itu, sekolah-sekolah terletak di kawasan yang lebih tinggi dan jauh dari Sungai Kim Kim.

Dalam bahagian seterusnya laporan ini, pemodelan dan kerja simulasi berdasarkan semua kepekatan gas yang diukur semasa insiden kedua menunjukkan terdapat kebarangkalian lebih tinggi bahawa sumber pelepasan yang mungkin lebih banyak berasal daripada dua kawasan industri kimia utama Pasir Gudang dan bukan dari Sungai Kim Kim.

Berdasarkan kedua-dua faktor ini, terdapat keperluan segera untuk menilai semula kesimpulan awal bahawa sumber pencemaran udara yang berkaitan dengan insiden Pasir Gudang dikaitkan dengan pembuangan sisa kimia haram di Sungai Kim Kim dan penyejatan toksik yang lebih berat daripada udara gas seperti metil merkaptan sebagai sumber utama. Nilai tertinggi kepekatan gas toksik yang diamati semasa kejadian pula adalah lebih konsisten dengan pelepasan kepulan dan bukan pelepasan berterusan daripada penyejatan sisa kimia seperti yang dikatakan sebelum ini.

Sumber yang lebih konsisten adalah berpunca dari tempat yang tinggi, di mana pelepasan kepulan gas toksik akan mempunyai momentum yang mencukupi untuk mengangkut kepulan gas yang lebih berat dari udara ke jarak yang jauh dan masih akan mempunyai ketinggian yang cukup untuk melanda aras ketiga dan keempat. Mangsa yang berada di aras tanah di kawasan terdekat tidak akan terjejas, tetapi mangsa yang berada di tanah / lantai yang lebih tinggi akan terjejas oleh kepulan yang telah berkembang sebagai ketumpatan arus.

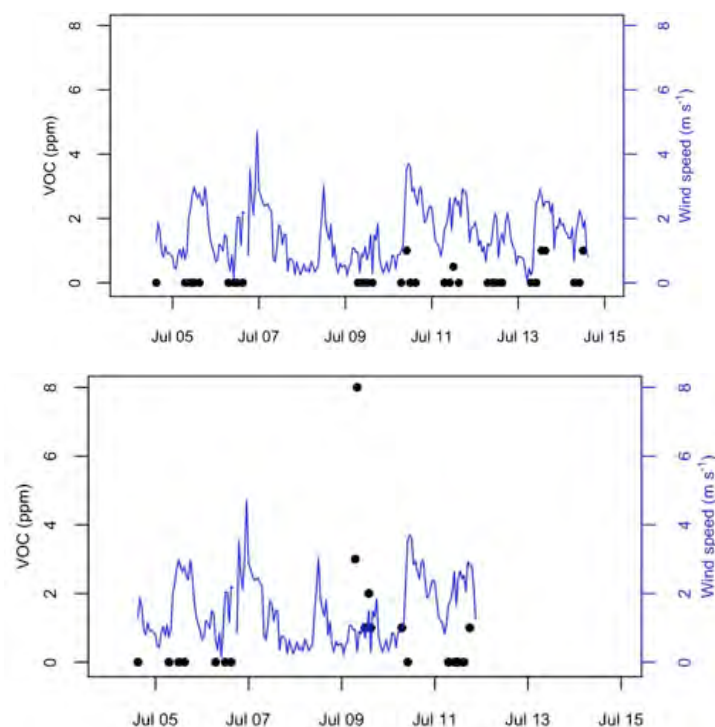
Berdasarkan fungsi ketumpatan kebarangkalian pelbagai sumber yang diperolehi oleh trajektori balik kepekatan yang diukur dalam kerja pemodelan di bahagian seterusnya yang menunjuk ke arah lain daripada Sungai Kim Kim, dan kenyataan bahawa pelajar sekolah yang terjejas berada di tingkat atas yang tidak mungkin dicapai kepulan penyejatan kerana hujah fizikal yang berkaitan dengan pengangkutan gas lebih tumpat daripada udara, dapatlah disimpulkan bahawa sumber yang paling mungkin berasal dari titik tinggi seperti serombong dan pelepasan gas adalah kepulan dan bukan pelepasan yang berterusan. Proses fizikal aliran ketumpatan ini harus dimodelkan secara berbeza daripada aliran ketumpatan neutral Gauss biasa kerana faktor pengawalannya adalah momentum semasa pelepasan, keapungan gas dan nombor Froude (Albertson et al., 1950).

3.1.3 Mengenal pasti Lokasi Sumber Gas Toksik

Keputusan Analisis Awal Data Kepekatan

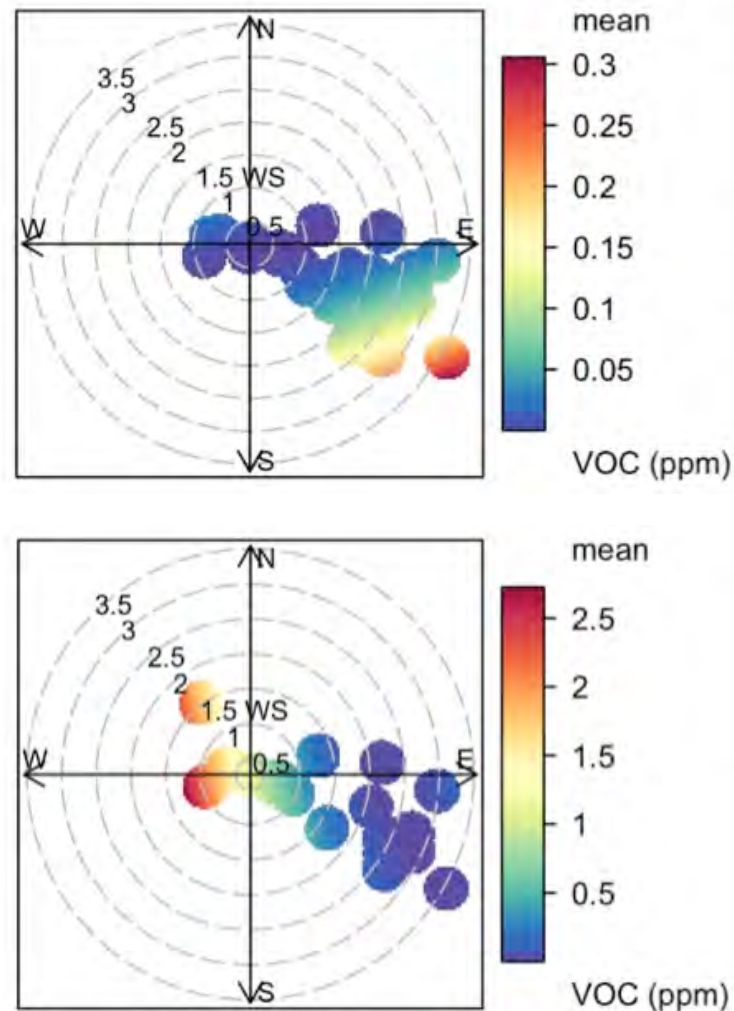
Objektif analisis awal adalah untuk menentukan lokasi berkemungkinan sumber VOC dan tiga gas toksik dengan menggunakan data meteorologi dan kepekatan daripada peranti MultiRAE dan Gasmeter yang disepadukan. Plot siri masa digunakan untuk menunjukkan trend gas berhubung dengan kelajuan angin di sekolah-sekolah (Rajah 6).

Analisis ini mendedahkan bahawa, dalam tempoh pengukuran 10 hari, terdapat dua set episod pencemaran VOC: pertama sebelum 10 Julai 2019 dan yang kedua selepas 10 Julai 2019. Ia juga menunjukkan bahawa kelajuan angin mempengaruhi VOC di mana kelajuan yang lebih tinggi mencairkan kepekatan dan membawa pencemar ke jarak yang lebih jauh tetapi kelajuan yang lebih rendah meningkatkan kepekatan dan membawanya ke jarak yang lebih dekat. Meski pun demikian, kepekatan itu juga bergantung kepada kedekatan sumbernya, iaitu kepekatan yang lebih tinggi mencadangkan sumber yang lebih dekat ke titik pensampelan.



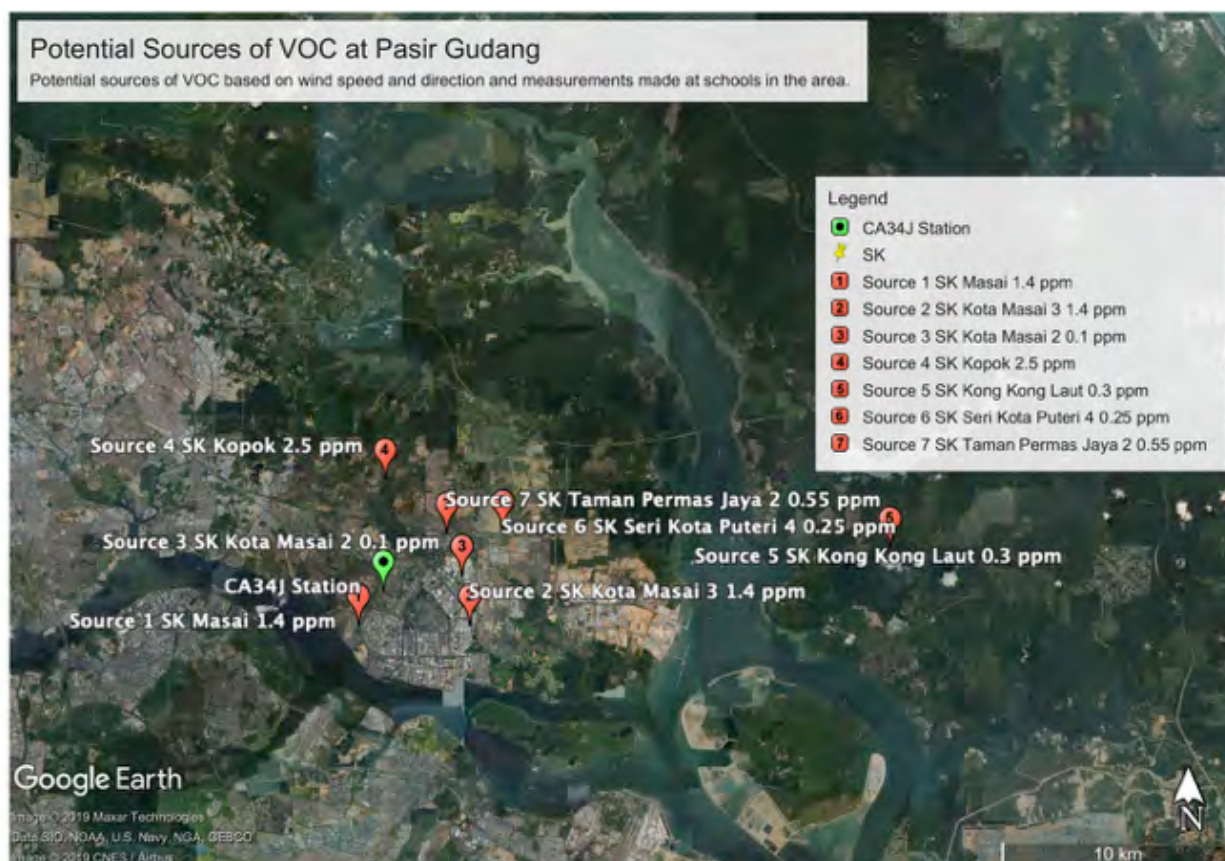
Rajah 6 Siri Masa Kepekatan VOC (ppm) dan Kelajuan Angin (m s⁻¹) dari 4 hingga 14 Julai 2019 di SK Kong Kong Laut (panel atas) dan SK Kopok (panel bawah)

Plot kutub dwipengubah digunakan untuk membezakan lokasi sumber VOC berpotensi (Rajah 7). Contoh-contoh yang ditunjukkan dalam rajah tersebut ialah SK Kong Kong Laut dan SK Kopok. Pengenalpastian dilakukan dengan menggabungkan kepekatan VOC, kelajuan angin dan arah angin ke dalam plot koordinat kutub tunggal. Kelajuan angin yang lebih tinggi menunjukkan jarak jauh yang dilalui oleh VOC dengan kelajuan angin akan meliputi 3.6 km dalam satu jam. Oleh itu, lokasi sumber yang berkemungkinan boleh ditentukan.



Rajah 7 Plot Kutub Dwipengubah untuk Kepekatan VOC (ppm) dari 4 hingga 14 Julai 2019 di SK Kong Kong Laut (panel atas) dan SK Kopok (panel bawah)

Kajian sepintas lalu mengenai sumber dilakukan dengan memetakan koordinat sekolah dan jarak dan arah yang diperoleh dari analisis plot kutub dwipengubah pada peta *Google Earth* (Rajah 8). Walaupun beberapa sumber boleh bertindih, keputusan ini menunjukkan bahawa terdapat banyak sumber VOC di seluruh kawasan Pasir Gudang.



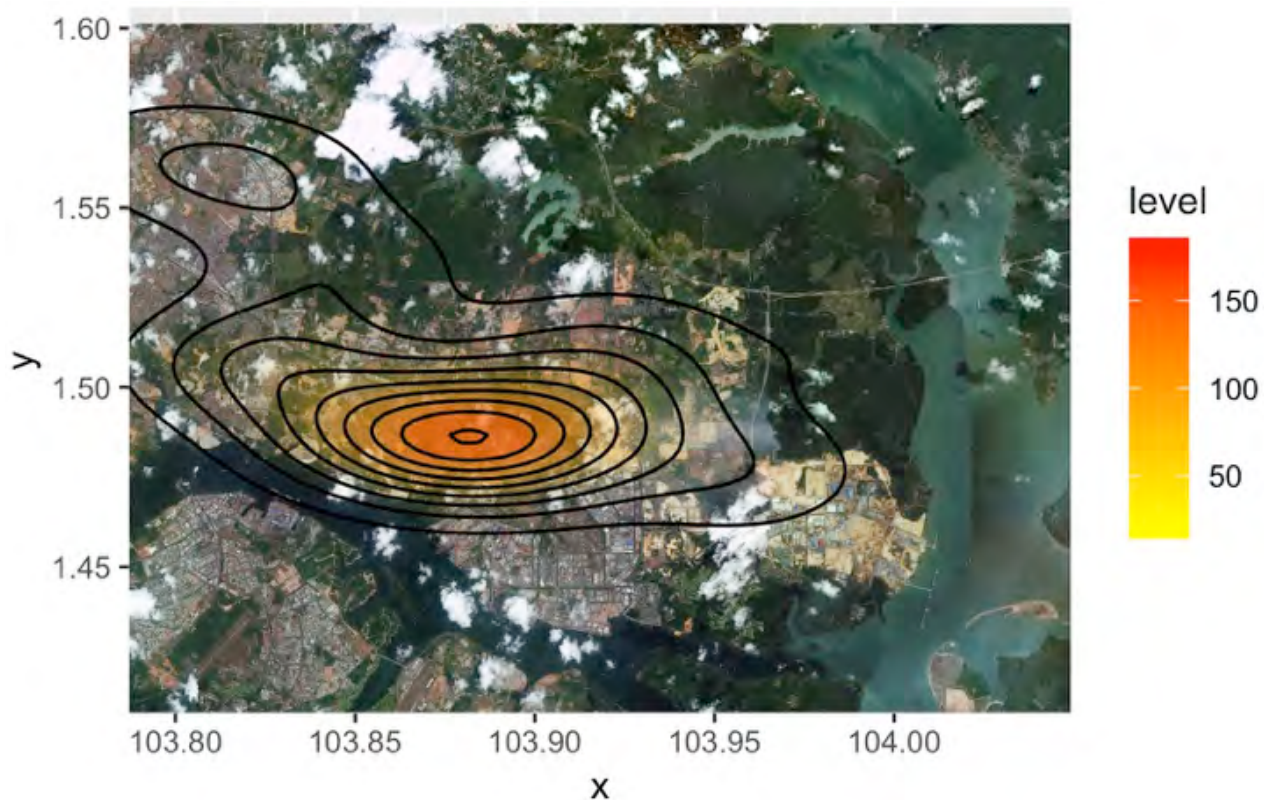
Rajah 8 Lokasi Potensi Sumber VOC Berdasarkan Lokasi Sekolah, Kelajuan Angin dan Arah dan Pengukuran VOC yang Dibuat di Sekolah-sekolah di Kawasan Pasir Gudang

Penalaan Halus Pemodelan Trajektori Balik

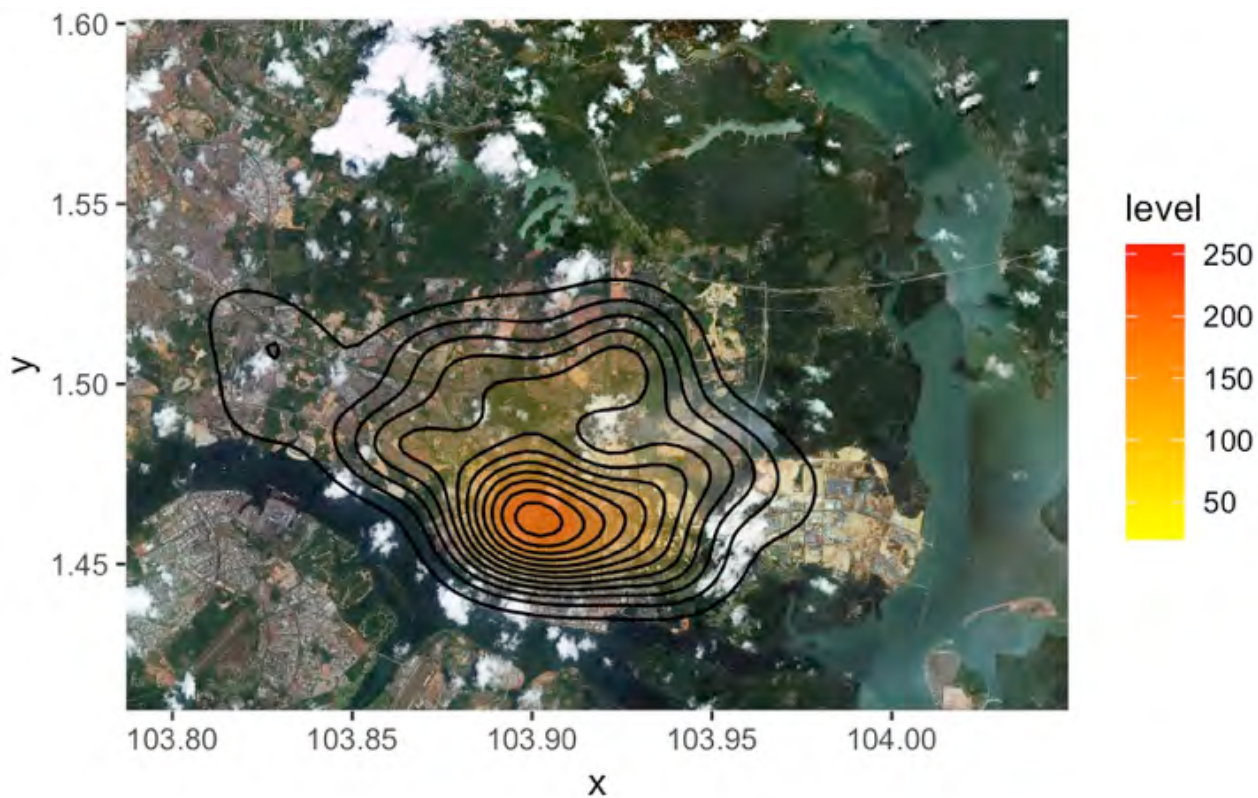
Penemuan bahagian sebelumnya digunakan lagi untuk menghasilkan lokasi yang mungkin dari sumber menggunakan prinsip meteorologi asas (kestabilan atmosfera dan ketinggian lapisan sempadan) dan fungsi ketumpatan kernel (atau fungsi ketumpatan kebarangkalian). Analisis terperinci menggunakan kaedah pemodelan trajektori balik yang diubahsuai, yang menggabungkan Gaussian Plume Model dan kaedah ketumpatan inti bersama-sama dengan ukuran MultiRAE dan Gasmet yang dibuat di pelbagai lokasi di kawasan Pasir Gudang.

Gaussian Plume Model, yang diperbetulkan menggunakan ketinggian lapisan sempadan dan data meteorologi tempatan, digunakan untuk mengira jarak kepekatan tertinggi dari sumber yang mungkin dan memetakannya kepada ukuran MultiRAE dan Gasmet. Ini menyediakan pelbagai lokasi (kira-kira 250 lokasi) sumber yang berkemungkinan sama seperti apa yang diperhatikan dalam Rajah 8.

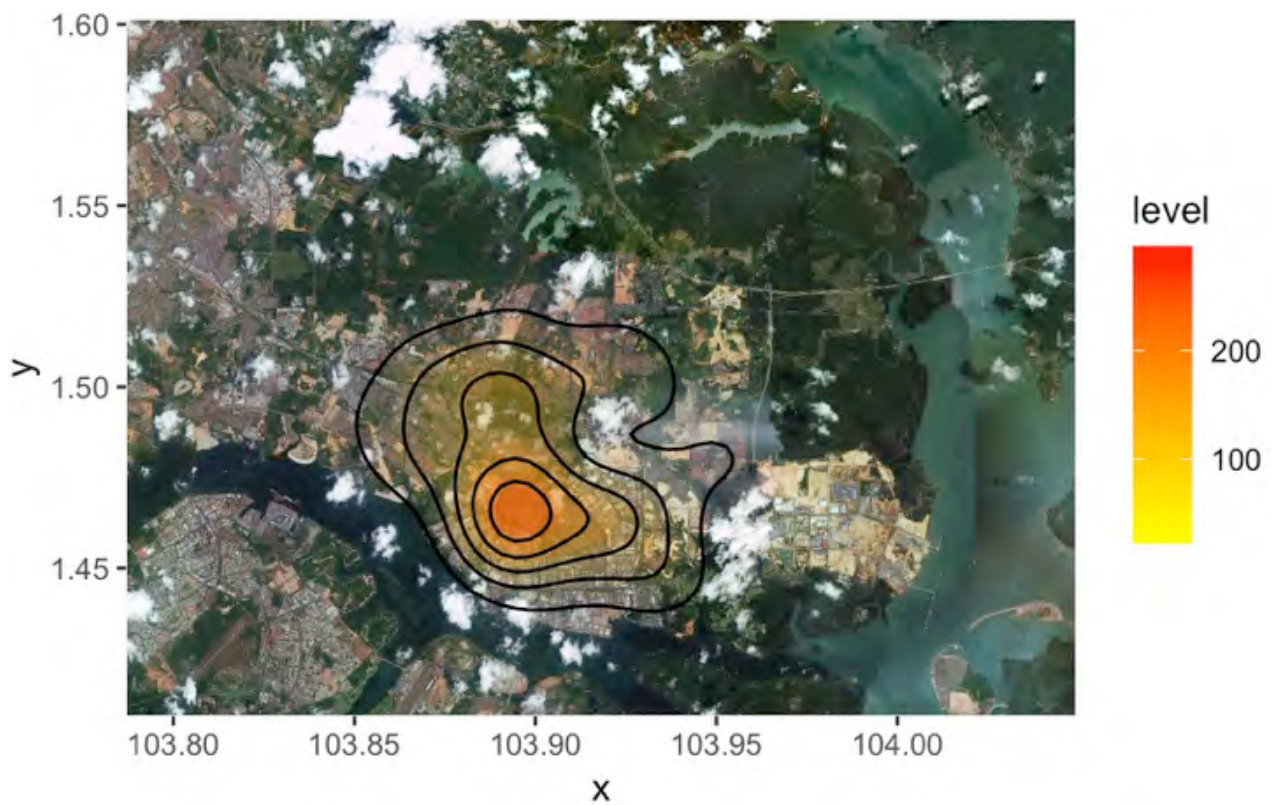
Banyak sumber yang berkemungkinan kemudiannya disepadukan dengan menggunakan kaedah ketumpatan kernel supaya dapat diringkaskan ke dalam plot kontur yang menunjukkan lokasi atau sumber yang paling mungkin. Rajah 9 menunjukkan kemungkinan lokasi sumber VOC. Rajah-rajah 9.1, 9.2, 9.3 dan 9.4 juga masing-masing menunjukkan lokasi yang sama bagi sumber akrolein, akrilonitril, benzena dan metil merkaptan. Paras menunjukkan bilangan titik sumber di lokasi. Kawasan yang diliputi oleh kontur adalah besar kerana lokasi pengukuran gas tersebar dengan meluas.



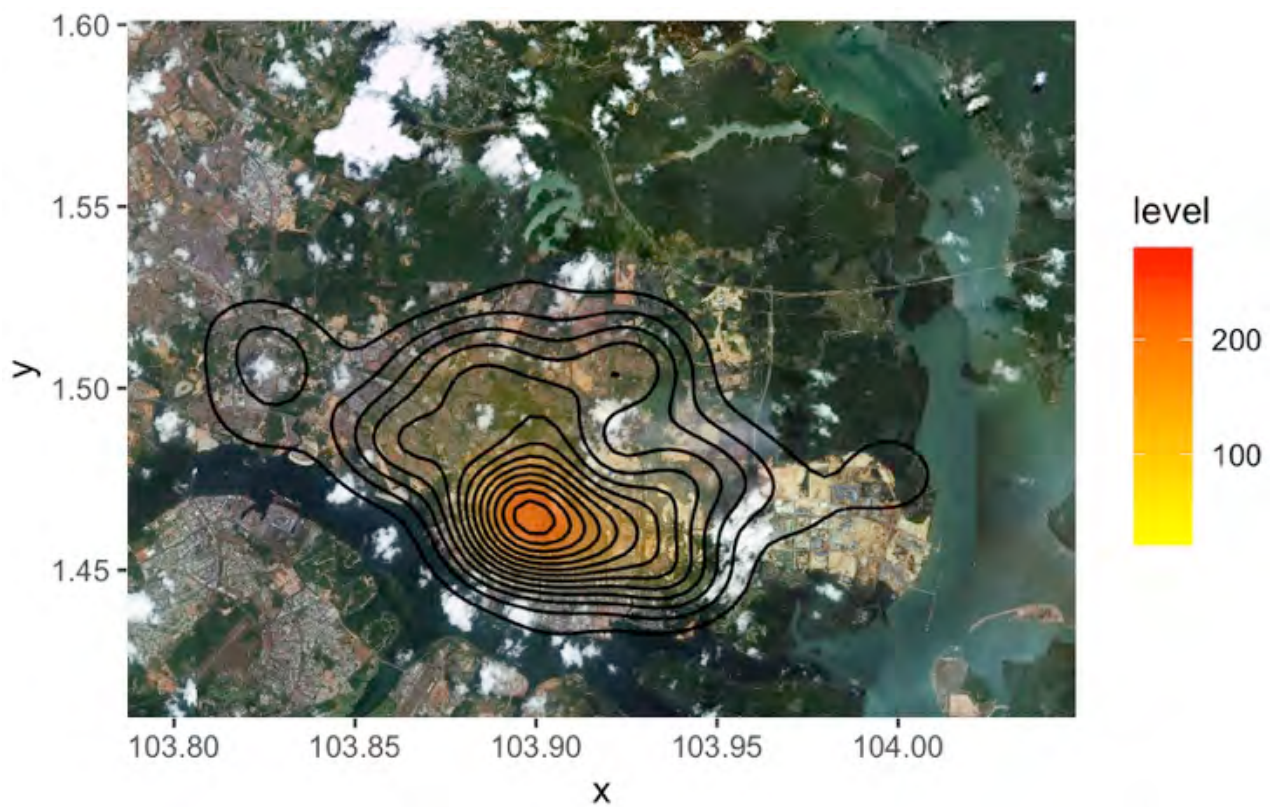
Rajah 9 Sumber Potensi Pencemaran Udara Berdasarkan Bacaan MultiRAE di 111 Buah Sekolah di Pasir Gudang Menggunakan Kaedah Pemodelan Trajektori Balik yang Telah Diubah Suai



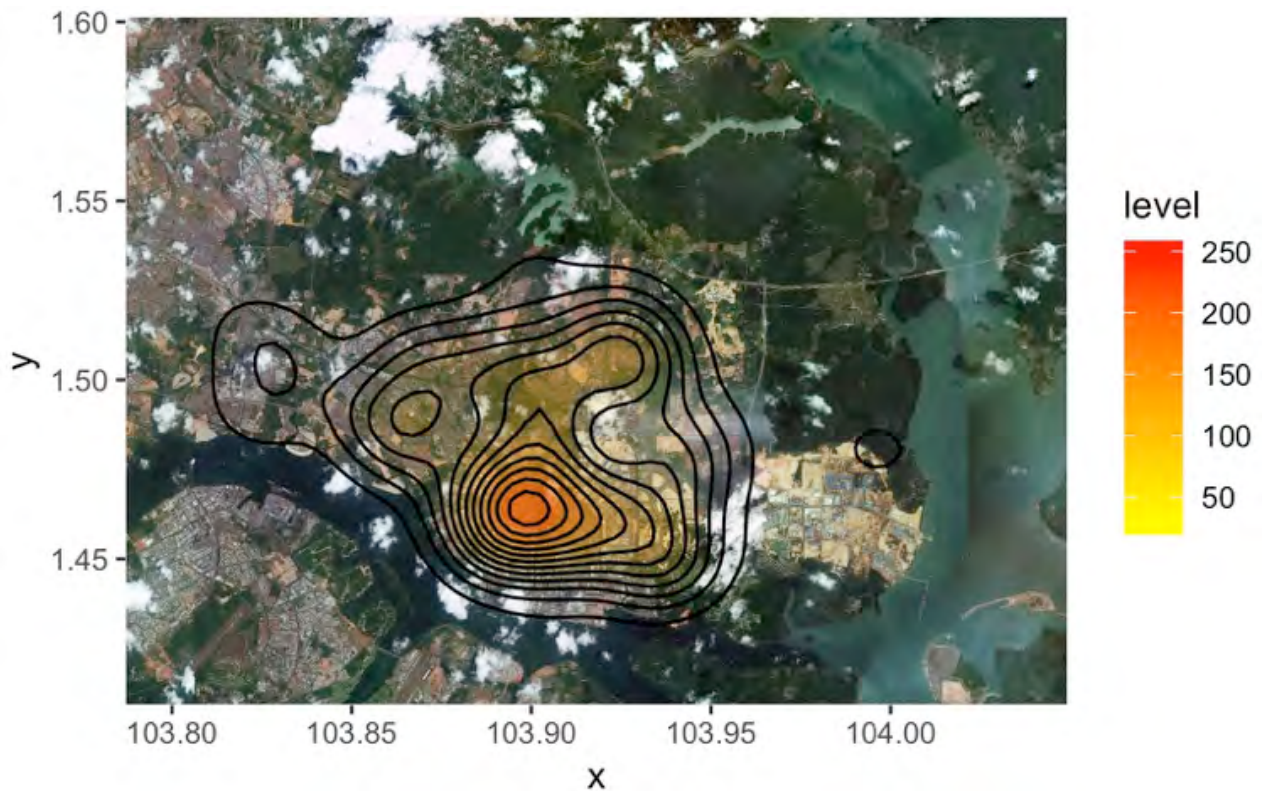
Rajah 9.1 Sumber Potensi Pencemaran Udara (Akrolein) di Pasir Gudang Menggunakan Pemodelan Trajektori Balik yang Diubah Suai



Rajah 9.2 Sumber Potensi Pencemaran Udara (Akrilonitril) di Pasir Gudang Menggunakan Pemodelan Trajektori Balik yang Diubah Suai



Rajah 9.3 Sumber Potensi Pencemaran Udara (Benzena) di Pasir Gudang Menggunakan Pemodelan Trajektori Balik yang Diubah Suai



Rajah 9.4 Sumber Potensi Pencemaran Udara (Metil Merkaptan) di Pasir Gudang Menggunakan Pemodelan Trajektori Balik yang Diubah Suai

Dengan menindih hasil pemodelan trajektori balik yang diubahsuai dengan peta Pasir Gudang, dua kawasan sumber bermungkinan dapat ditentukan seperti yang dilihat dalam Rajah 10. Hasil analisis terperinci ini menunjukkan bahawa majoriti sumber berasal dari dua kawasan:

- Kawasan perindustrian Pasir Gudang yang dikelilingi Jalan Pasir Gudang, Jalan Emas dan Jalan Pekeliling untuk akrolein, akrilonitril, metil merkaptan.
- Kawasan perindustrian Pasir Gudang yang dikelilingi oleh Lebuhraya JB East Coast, Jalan Pekeliling, dan Lebuhraya Pasir Gudang untuk benzena.



Rajah 10 Sumber Pencemar Udara Berpotensi Ditentukan Menggunakan Pemodelan Trajektori Balik yang Diubah Suai

Sumber: Dapatan ini adalah hasil analisis menggunakan Pemodelan Trajektori Balik yang Diubah Suai dari data pemantauan kualiti udara di Pasir Gudang menggunakan Gasmet and MultiRAE oleh Jabatan Alam Sekitar.

3.2 KESAN KESIHATAN BURUK

3.2.1 Insiden Sungai Kim Kim (Mac 2019)

Insiden Sungai Kim Kim adalah pencemaran kimia terbesar di Malaysia yang menjejaskan kira-kira 5,000 individu. Insiden ini pada asalnya dianggap telah dicetuskan oleh pembuangan sisa bahan buangan kimia ke dalam sungai. Bahan kimia yang dikesan dalam sampel alam sekitar adalah akrilonitril, akrolein, benzena, hidrogen klorida, toluena, xilena, etilbenzena dan D-limonena. Oleh itu, dapat disimpulkan bahawa mangsa telah terjejas kerana terdedah kepada pelbagai bahan kimia beracun semasa insiden.

Gejala yang dilihat dalam kes yang dilaporkan adalah pening, sesak nafas, mual, kerengsaan mata, sakit dada, sakit tekak, batuk, demam dan muntah. Gejala-gejala ini adalah tanda biasa untuk pendedahan kepada bahan kimia organik meruap. Sesetengah sampel klinikal adalah positif untuk pengesanan sianida, yang menjelaskan pendedahan kepada akrilonitril. Sianida boleh dihasilkan sama ada oleh pemecahan akrilonitril dalam tubuh manusia atau oleh degradasi akrilonitril selama beberapa jam di alam sekitar.

3.2.2 Insiden Pasir Gudang (Jun 2019)

Insiden ini bermula pada 20 Jun 2019 dan menjejaskan 1,178 orang. Walaupun akrilonitril, akrolein, metil merkaptan dan benzena telah dikesan secara positif dalam sampel persekitaran, sumber bahan kimia ini belum dikenal pasti. Sama seperti insiden Sungai Kim Kim, kes-kes tersebut terdedah kepada pelbagai bahan kimia toksik seperti yang ditunjukkan oleh data pemantauan alam sekitar.

Gejala yang ditunjukkan dalam kes termasuk muntah, pening, sesak nafas, batuk, sakit dada, kerengsaan mata, sakit tekak, demam, cirit-birit dan sakit perut. Gejala-gejala ini adalah semua tanda biasa untuk pendedahan kepada bahan kimia organik meruap dan selaras dengan kesan-kesan akrolein, akrilonitril, metil merkaptan dan benzene yang tersenarai dalam Jadual 2. Ada juga kemungkinan bahawa segelintir mangsa menunjukkan tanda-tanda penyakit psikogenik am.

Gejala Pelajar Sekolah yang Terjejas dalam Kedua-dua Insiden

Dalam insiden pertama Sungai Kim Kim, kebanyakan kes dirawat sebagai kes pesakit luar di pelbagai pusat kesihatan di bawah Pejabat Kesihatan Daerah (PKD). Baki kes pula dimasukkan ke hospital, kebanyakannya di hospital kerajaan. Untuk insiden kedua di Taman Mawar, jumlah kes adalah jauh lebih rendah, walau bagaimanapun, coraknya adalah serupa dengan kebanyakan kes dirujuk ke klinik daerah. Antara simptom tertinggi yang dilaporkan dalam kedua-dua insiden adalah pening, sakit tekak, mual, kerengsaan mata, sakit dada, sesak nafas, dan demam. Walau bagaimanapun, gejala muntah lebih banyak berlaku dalam kejadian Pasir Gudang.

Walaupun kedua-dua insiden itu melaporkan ciri-ciri klinikal yang sama tetapi gejala muntah lebih banyak berlaku semasa insiden Pasir Gudang (kedua) manakala sesak nafas lebih dominan semasa kejadian pertama (Sungai Kim Kim). Dari segi keparahan, kejadian pertama adalah lebih teruk berbanding kejadian kedua. Perbezaannya mungkin disebabkan oleh faktor lain seperti pendedahan dan kepekatan bahan kimia yang berbeza.

Kesamaan antara Kedua-dua Kejadian

Pelajar sekolah merupakan golongan paling ramai yang terjejas dalam kedua-dua insiden. Berbanding dengan orang dewasa, mereka mempunyai nisbah luas permukaan paru-paru:berat badan yang lebih besar dan nisbah isi padu minit:berat yang lebih tinggi yang memudahkan penyerapan bahan kimia yang lebih cepat. Sekolah-sekolah yang terlibat dalam insiden ini terletak di tempat yang lebih tinggi dan pelajar sekolah yang terjejas kebanyakannya berada di bilik darjah di aras atas bangunan sekolah. Dalam kedua-dua insiden, kes-kes tersebut telah melaporkan tentang bau yang kuat yang dibawa oleh arus angin.

3.3 TADBIR URUS BAHAN KIMIA

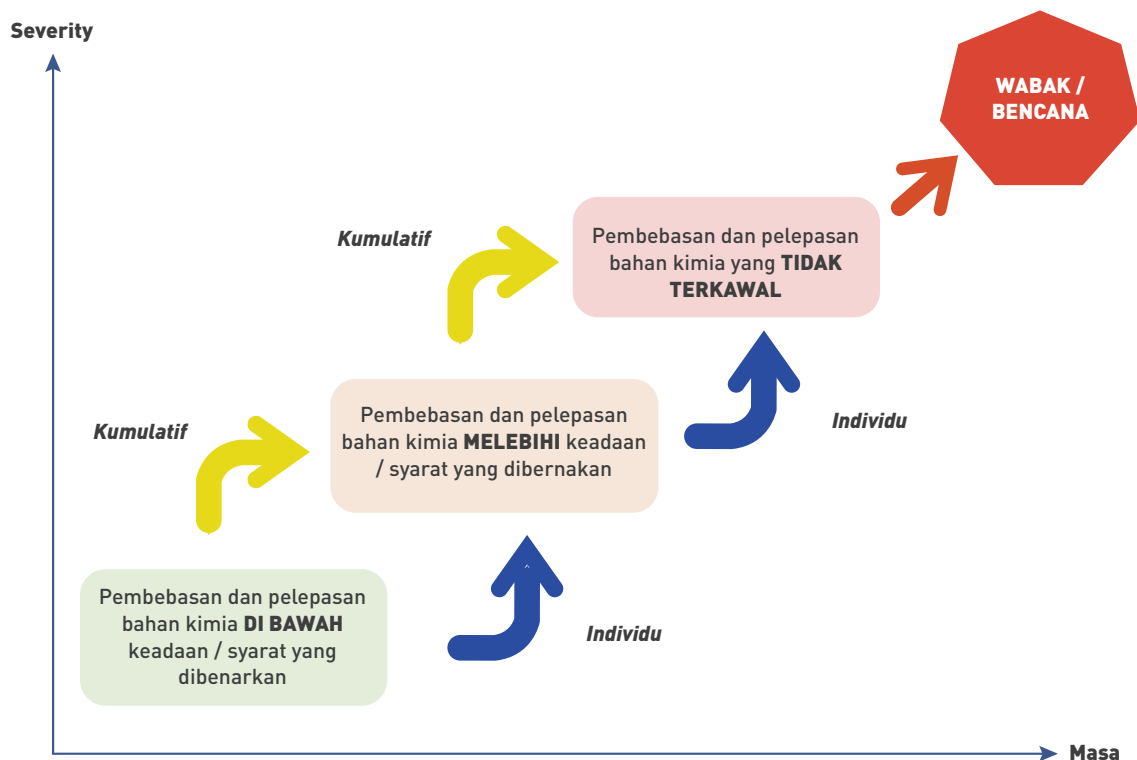
3.3.1 Gas Toksik Sebagai Pencemar atau Bahan Berbahaya Alam Sekitar (EHA) dalam EQA 1974

Dalam kejadian Pasir Gudang tiga bahan kimia telah dikenal pasti di udara, iaitu metil merkaptan, akrilonitril dan akrolein. Tiada syarat yang boleh diterima bagi bahan kimia ini yang telah ditentukan oleh Menteri di bawah EQA 1974 yang dipinda. Walaupun terdapat usaha untuk merujuk kepada Garis Panduan Aras Pendedahan Akut (AEGL) untuk bahan kimia bawaan udara, namun syarat nilai-nilai ini hanyalah rujukan dan bukan syarat yang boleh diterima wajib. Oleh itu, dengan ketiadaan syarat yang boleh diterima di bawah EQA 1974, adalah sukar untuk mempertimbangkan bahan kimia yang terdapat di udara Pasir Gudang sebagai "pencemar" di bawah EQA 1974.

3.3.2 Takrif "Bahan Pencemar" dan "Bahan Berbahaya Alam Sekitar (EHS)" dalam EQA 1974

Walaupun tumpuan sebelumnya pada rangka kerja undang-undang yang sedia dalam menentukan takrif "bahan pencemar", adalah penting untuk menyedari bahawa disebabkan oleh perkembangan ekonomi pesat di banyak negara, pembebasan dan pelepasan bahan kimia ke alam sekitar sering dibenarkan dengan syarat pelepasan kimia itu tidak akan mengubah, sama ada secara langsung atau tidak langsung, mana-mana bahagian alam sekitar atau dengan kata lain menjadi bahan pencemar. Memandangkan takrif "bahan pencemar" dalam Akta utama adalah luas, peraturan yang diwartakan di bawah Akta utama boleh mewujudkan syarat yang boleh diterima yang akan menentukan kepekatan kimia maksimum yang dibenarkan dalam pelepasannya.

Selain itu, walaupun syarat yang boleh diterima dapat dilihat sebagai jaring keselamatan untuk alam sekitar, syarat-syarat ini adalah untuk pelepasan individu dan bukan pelepasan kumulatif. Dalam beberapa keadaan, walaupun pelepasan individu oleh pelbagai industri di kawasan perindustrian adalah di bawah syarat yang boleh diterima, kepekatan kumulatif mungkin melebihi kapasiti muatan alam sekitar. Lama-kelamaan, ia boleh membawa kepada keadaan yang teruk dengan menyebabkan wabak atau bencana (Rajah 11).



Rajah 11 Hubungan antara Wabak/Bencana dan Pelepasan Bahan Kimia ke Alam Sekitar

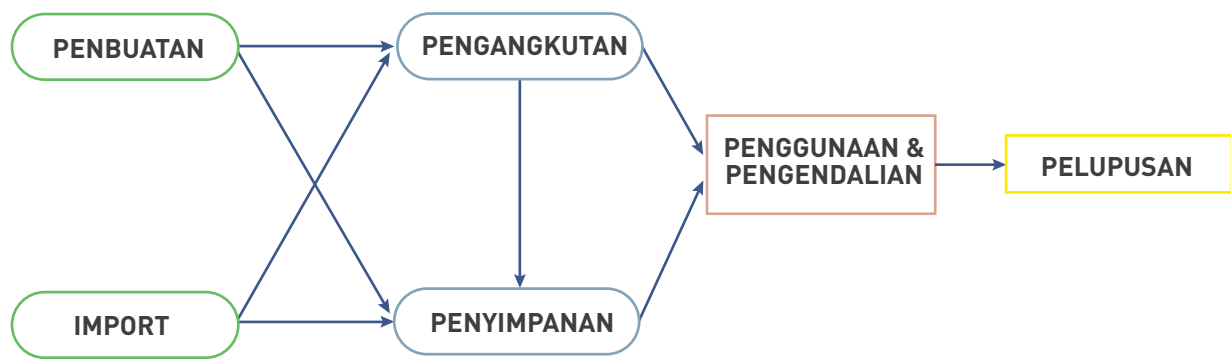
Walaupun penyenaraian EHS adalah penting untuk menyokong inisiatif dan usaha Malaysia dalam mengesahkan MEA berkaitan dengan bahan kimia, tidak memadai untuk menakrif EHS semata-mata berdasarkan senarai ini. Takrif EHS perlu diperluaskan untuk merangkumi ciri mereka, sementara penyenaraian itu boleh menjadi salah satu alat di bawah takrif EHS yang luas.

3.3.1 CIMS CHRA di bawah JKKP

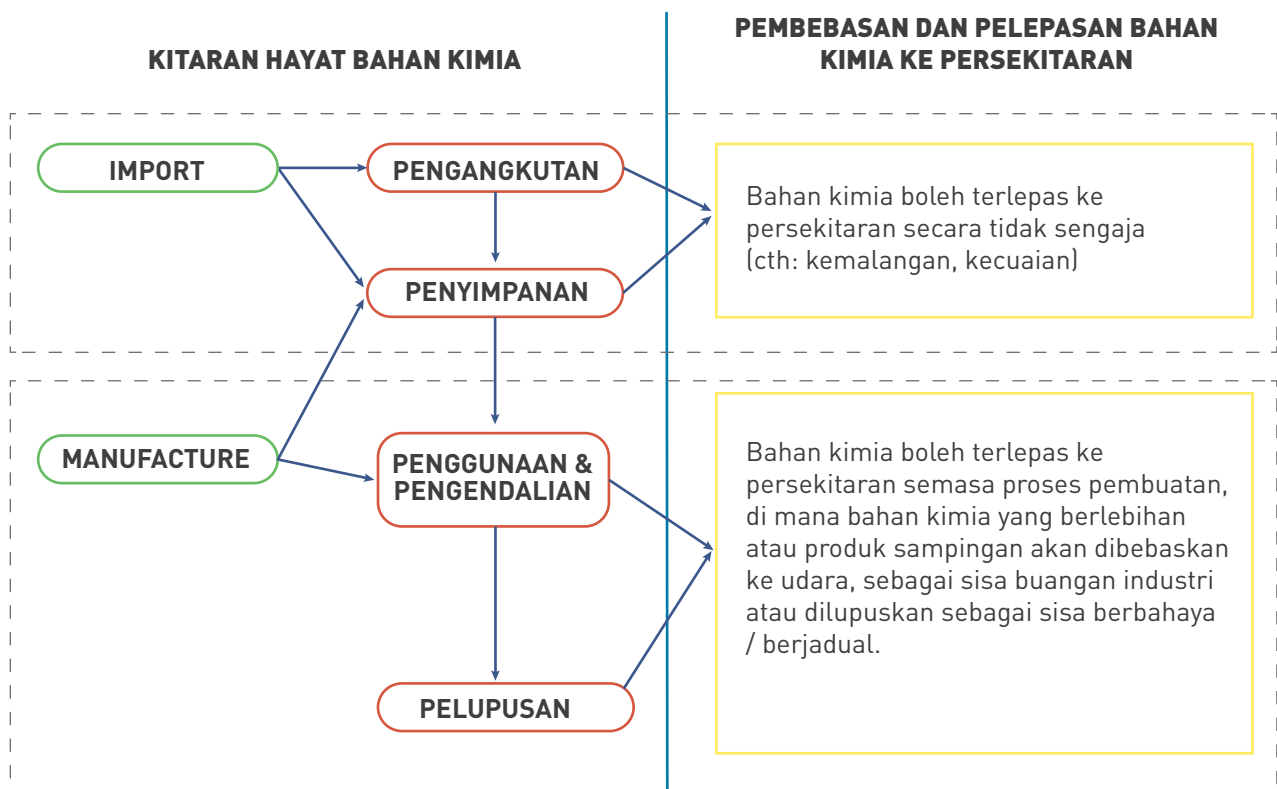
Badan Bertindak telah memeriksa rekod di JKKP Johor sama ada empat gas beracun, akrolein, akrilonitril, metil merkaptan dan benzena disimpan atau digunakan dalam kuantiti yang besar di premis syarikat kimia untuk mengenal pasti syarikat yang menjadi sumber pelepasan gas toksik. Maklumat mengenai bahan kimia yang disimpan di premis syarikat boleh didapati dalam CIMS. Walau bagaimanapun, antara kelemahan utama CIMS buat masa kini ialah kilang kimia hanya melaporkan penyimpanan bahan kimia yang diimport dan dihasilkan melebihi 1 tan metrik manakala bahan kimia yang dibeli dari syarikat tempatan dalam ekonomi kitaran tidak dilaporkan. Akibatnya, maklumat dalam CIMS tidak memberikan gambaran lengkap tentang bahan kimia yang disimpan di premis syarikat. Oleh itu, maklumat CIMS yang ditemui Badan Bertindak tidak lengkap kerana penyimpanan bahan kimia yang dibeli secara dalaman tidak disenaraikan dan ia tidak diaudit di lapangan dengan kerap oleh JKKP. Maklumat tambahan mengenai bahan kimia berbahaya yang disimpan atau digunakan oleh kilang-kilang kimia boleh didapati dalam CHRA tetapi maklumat itu tidak boleh didapati dengan mudah di JKKP untuk dilihat Badan Bertindak. Di samping itu, tidak banyak syarikat mengemukakan laporan CHRA kerana ia hanya perlu disediakan apabila pegawai JKKP melawat tapak untuk mengaudit syarikat.

3.3.4 Urus Tadbir Bahan Kimia di Malaysia

Kitaran hayat bahan kimia mempunyai enam peringkat, iaitu pembuatan, import, pengangkutan, penyimpanan, penggunaan dan pengendalian, dan pelupusan (Rajah 12). Pancaran dan pelepasan bahan kimia pada peringkat yang berlainan dalam kitaran hayat mungkin boleh berlaku seperti yang digambarkan dalam Rajah 13.



Rajah 12 Kitaran Hayat Bahan Kimia



Rajah 13 Pelepasan Bahan Kimia di Pelbagai Peringkat Kitaran Hayat

Oleh kerana pelepasan kimia boleh berlaku di mana-mana peringkat kitaran hayatnya, tadbir urus bahan kimia bersepadu, menyeluruh dan komprehensif adalah diperlukan untuk menguruskan bahan kimia dan bahan berbahaya.

Pada tahun 2018, Bahagian Pengurusan Alam Sekitar dan Perubahan Iklim di bawah MESTECC (sebelum ini di bawah Kementerian Sumber Asli dan Alam Sekitar) menjalankan kajian yang dikenali sebagai "Kajian untuk Mengukuhkan Tadbir Urus Bahan Kimia Berbahaya di Malaysia". Kajian ini menemui tiga cabaran utama untuk tadbir urus bahan kimia di Malaysia, iaitu:

1. Tiada inventori bahan kimia kebangsaan
2. Tiada mekanisme yang jelas untuk mengurangkan/menghapuskan risiko bahan kimia di peringkat kebangsaan
3. Tiada entiti penyelarasan utama untuk menguruskan bahan kimia huluan.

3.4 TADBIR URUS AIR

Kedaan Semasa Laluan Air di Pasir Gudang, Johor

Jadual 3 di bawah menunjukkan 51 sungai yang paling tercemar di Semenanjung Malaysia (Jabatan Alam Sekitar, 2017). Kedua-dua Sungai Kim Kim dan Sungai Masai disenaraikan sebagai sungai tercemar Kelas 3 dan Kelas 4 masing-masing. Sungai Tukang Batu yang mengalir ke Pelabuhan Pasir Gudang di selatan kawasan ini adalah sungai yang paling tercemar di Kelas 5. Walaupun tiada rekod status sungai-sungai kecil, semua mungkin tercemar juga dan dikelaskan antara Kelas 3 dan Kelas 5.

Jadual 3 Status Kualiti Air 2017 Sungai-Sungai yang Dipantau di Semenanjung

No.	Sungai Kelas 3 Memerlukan Rawatan Intensif	Sungai Kelas 4 Untuk Pengairan Sahaja	Sungai Kelas 5 Air Sangat Tercemar
1	Sungai Juru, Pulau Pinang	Sungai Jawi, Pulau Pinang	Sungai Tukang Batu, Johor
2	Sungai Pinang, Pulau Pinang/Kedah	Sungai Rambai, Pulau Pinang	
3	Sungai Perai, Pulau Pinang/ Kedah	Sungai Jelutong, Pulau Pinang/ Kedah	
4	Sungai Nyamok, Perak	Sungai Kereh, Pulau Pinang/ Kedah	
5	Sungai Serokai, Perak	Sungai Pertama, Pulau Pinang/ Kedah	
6	Sungai Wangi, Perak	Sungai Raja Hitam, Perak	
7	Sungai Air Busuk, Selangor/ KL	Sungai Kuyoh, Selangor/KL	
8	Sungai Belongkong, Selangor/ KL	Sungai Kerayong, Selangor/KL	
9	Sungai Bunos, Selangor/KL	Sungai Ulu Choh, Johor	
10	Sungai Buloh, Selangor	Sungai Melana, Johor	
11	Sungai Merlimau, Melaka	Sungai Danga, Johor	
12	Sungai Seri Melaka, Melaka	Sungai Lato, Johor	
13	Sungai Simpang Kanan, Johor	Sungai Perembi, Johor	
14	Sungai Semberong, Johor	Sungai Masai, Johor	
15	Sungai Skudai Johor	Sungai Buluh. Johor	
16	Sungai Chemangar, Johor	Sungai Kempas, Johor	
17	Sungai Semenchu, Johor	Sungai Ayer Merah, Johor	
18	Sungai Kim Kim, Johor	Sungai Segget, Johor	
19	Sungai Anak Sedili, Johor	Sungai Bala, Johor	
20	Sungai Sarang Buaya, Johor	Sungai Sebulung, Johor	
21	Sungai Sanglang, Johor	Sungai Plentong, Johor	
22	Sungai Melatai, Pahang/Johor	Sungai Tebrau, Johor	
23	Sungai Jebong, Pahang/Johor	Sungai Pandan, Johor	
24	Sungai Alor Lintah, Kelantan	Sungai Tampoi, Johor	
25		Sungai Sengkuang, Johor	
26		Sungai Alor B, Kelantan	

(Sumber: Jabatan Alam Sekitar, 2017)

4.0 CADANGAN

Berdasarkan penemuan ini, Badan Bertindak mengesyorkan beberapa cadangan untuk dilaksanakan oleh kementerian dan agensi untuk mengelakkan kejadian ini berulang lagi.

4.1 TINDAKAN SEGERA

4.1.1 Tindakan Segera oleh JAS dan JKKP

Untuk mengenal pasti sumber pelepasan gas toksik dengan lebih baik, terdapat keperluan mendesak untuk menjalankan siasatan menyeluruh mengenai pelupusan dan penyimpanan sisa kimia berbahaya di kilang-kilang kimia yang terletak di kedua-dua kawasan yang dikenal pasti dalam Seksyen 3.1.3.

Badan Bertindak mengesyorkan kedua-dua JKKP dan JAS perlu mengambil langkah segera untuk menentukan sama ada kilang-kilang kimia mematuhi peraturan semasa di bawah EQA 1974 dan OSHA 1994. JAS harus segera:

1. Menyiasat semua kilang kimia untuk pelepasan gas toksik secara sengaja dan tidak sengaja dan tumpahan bahan kimia cecair berbahaya yang boleh menjejaskan alam sekitar dan orang ramai.
2. Menyemak rekod pelupusan sisa kimia berbahaya bagi kilang-kilang kimia yang sama untuk menentukan sama ada sisa kimia berbahaya mereka dilupuskan dengan betul mengikut Peraturan-Peraturan Kualiti Alam Sekitar (Buangan Terjadual) 2005 di bawah EQA 1974.
3. Mendakwa kilang-kilang kimia yang sama yang didapati melanggar Peraturan-Peraturan Kualiti Alam Sekitar (Buangan Terjadual) 2005 di bawah EQA 1974.

JKKP perlu segera:

1. Menyiasat pelepasan gas toksik secara sengaja dan tidak sengaja dan tumpahan cecair bahan kimia berbahaya dalam premis kilang kimia yang sama yang boleh melepasi pagar kilang-kilang dan menjejaskan alam sekitar dan orang ramai.
2. Mengaudit semua bahan kimia berbahaya di syarikat kimia yang sama seperti yang dilaporkan dalam CIMS untuk menentukan semua bahan kimia dalam simpanan telah dilaporkan seperti yang dikehendaki oleh Peraturan Pengelasan, Pelabelan dan Helaian Data Keselamatan Bahan Kimia Berbahaya (CLASS) 2013 di bawah OSHA 1994.
3. Mengaudit CHRA daripada kilang-kilang kimia yang sama untuk mengenal pasti bahan kimia yang tidak dilaporkan dalam CIMS.
4. Mendakwa kilang-kilang kimia yang didapati melanggar Peraturan CLASS 2013 di bawah OSHA 1994.

Untuk mempercepat penyiasatan bersama pelbagai agensi semasa kecemasan kimia, Badan Bertindak mengesyorkan:

1. Pejabat JAS dan JKKP harus ditempatkan di kawasan perindustrian berbahaya seperti Pasir Gudang.
2. Bilangan stesen pencemaran udara di kawasan industri berbahaya juga perlu ditingkatkan.
3. Stesen pencemaran udara perlu dihubungkan secara elektronik ke kedua-dua pejabat untuk memudahkan pemantauan pencemaran udara di kawasan itu.

4.1.2 Peralatan yang Lebih Canggih dan Tepat untuk Mengukur Pencemaran Udara

Badan Bertindak mengesyorkan JAS untuk menggunakan instrumen mudah alih yang lebih canggih dan tepat yang boleh mengenal pasti pelbagai jenis bahan kimia berbahaya di udara supaya pelan tindak balas kecemasan yang sesuai untuk campuran kimia berbahaya tertentu boleh dilaksanakan dengan berkesan.

1. Instrumen yang canggih ialah Kromatograf Gas / Spektrometer Jisim (GCMS) dengan pengesanan pengionan nyala (FID) dan pengesanan pengionan foto (PID) dan sistem persampelan yang sesuai dan boleh dipercayai. Versi mudah alih GCMS boleh digunakan di tapak semasa insiden kecemasan kimia.

2. Instrumen ini mempunyai kos penyelenggaraan yang tinggi dan memerlukan ahli kimia dan juruteknik yang sangat terlatih untuk beroperasi dan diselenggara dengan berkesan.
3. Selain udara, media lain seperti tanah, air dan makanan juga perlu diperiksa untuk pencemaran mana-mana bahan kimia toksik.

4.1.3 Penambahbaikan Pemodelan Trajektori Balik Untuk Mengambil Kira Gas Lebih Berat Daripada Udara

Model trajektori balik terubahsuai yang digunakan dalam laporan ini telah digunakan dengan berkesan dalam mengenal pasti kawasan sumber gas yang berkemungkinan.

Badan Bertindak mengesyorkan agar model yang lebih tepat dibangunkan untuk meningkatkan resolusi semasa mencari sumber sebenar pencemar.

1. Oleh kerana gas-gas toksik lebih tumpat daripada udara, model trajektori balik terubahsuai berdasarkan gas ringan dapat diperbaiki dengan memasukkan ketumpatan gas bahan kimia berbahaya yang lebih berat daripada udara untuk mengenal pasti sumber-sumber pelepasan gas.
2. Ciri lebih berat daripada udara ini akan memberikan ramalan yang lebih realistik tentang trajektori mereka, yang dijangka berterusan berada berdekatan tanah ketika mengolok ke hilir angin.

4.1.4 Peningkatan Pemodelan Siri Masa untuk Mengira Pancang dalam Pengukuran Kepekatan

Oleh kerana terdapat nilai tertinggi dalam pengukuran gas toksik, Badan Bertindak mengesyorkan kedudukan sumber yang berkemungkinan perlu ditentukan dengan lebih tepat dengan memadankan siri masa kepekatan pencemar dengan siri masa model yang dihasilkan oleh model penyebaran pencemaran udara keadaan tidak mantap yang boleh mensimulasikan pancang kepekatan.

1. Model penyebaran pencemaran udara keadaan tidak mantap yang boleh digunakan ialah CALPUFF.
2. Pemodelan penyebaran boleh dilakukan dari setiap serombong kilang kimia yang terletak di kawasan-kawasan yang paling mungkin dikenal pasti dalam Bahagian 3.1.3. Hasilnya boleh dibandingkan dengan siri masa data kepekatan yang diukur di sekolah-sekolah.
3. Kajian lebih lanjut harus memasukkan analisis yang teliti terhadap pencemaran udara dan data meteorologi yang digabungkan dengan data kesihatan daripada JKN Johor. Hasil kajian boleh digunakan untuk menentukan had tertinggi terhadap pendedahan kepada bahan pencemar sebelum gejala mula muncul.

4.1.5 Histeria /Penyakit Psikogenik (MPI)

Terdapat laporan daripada guru sekolah mengenai kemungkinan histeria am dalam kalangan pelajar sekolah yang terjejas. Telah dilaporkan bahawa histeria, yang juga dikenali sebagai histeria epidemik atau penyakit psikogenik (MPI) boleh dicetuskan oleh bau dalam reaksi histeria di sekolah (Jones et al., 2000). Kejadian histeria secara besar-besaran di sekolah-sekolah Malaysia pernah dilaporkan oleh Hwang pada tahun 1986. Budaya dan jantina turut mempengaruhi gejala kes histeria tersebut.

Untuk merawat pelajar sekolah yang mengalami histeria am dengan lebih berkesan, Badan Bertindak amat mengesyorkan supaya kajian lanjut dilakukan dengan segera untuk memastikan kemungkinan penyakit psikogenik am dalam kalangan pelajar sekolah yang terjejas semasa kedua-dua kejadian tersebut.

4.2 TINDAKAN JANGKA PENDEK

4.2.1 Kesan Buruk Bahan Kimia

Pendekatan pelbagai disiplin perlu dilaksanakan dalam penyiasatan bencana utama seperti ini pada masa akan datang. Pengetahuan tentang potensi bahan kimia yang terlibat adalah penting dalam tindak balas kecemasan dan rawatan awal serta dalam menentukan penyiasatan diagnostik. Kesan buruk beberapa gas toksik yang dilihat dalam kejadian ini mewajarkan pelaksanaan kaedah yang lebih baik untuk menilai bahan kimia terlibat kerana pendedahan kepada pelbagai bahan kimia secara serentak mungkin akan menyebabkan ketoksikan tambahan atau sinergistik. Oleh itu, Badan Bertindak mengesyorkan:

1. Siasatan cap jari kimia hendaklah dijalankan untuk menentukan komponen sebenar campuran gas toksik bagi penentuan sumber bahan kimia dan kesannya ke atas kesihatan manusia.
2. Ujian yang lebih sensitif harus digunakan dalam analisis klinikal darah dan air kencing.
3. Pengukuran biopenanda/metabolit juga perlu dilakukan untuk mengesahkan pendedahan kepada gas toksik.
4. Ujian susulan oleh JKN Johor hendaklah termasuk ujian neuropsikologi berdasarkan jenis bahan kimia yang terlibat untuk mengenal pasti biopenanda yang sesuai.
5. Garis panduan amali klinikal mengenai pengurusan dan penyiasatan pendedahan kimia boleh dirangka.

Peralatan perlindungan peribadi seperti di dalam Jadual 4 disyorkan untuk pengendalian jenis gas berbeza.

Jadual 4 Peralatan Perlindungan Peribadi yang Disyorkan

No.	Bahan Kimia	Kartirij Penafas Panduan penafas 3M 2018	Sarung Tangan Kimia Ansell edisi ke-8
1.	Akrolein	Wap organik (muka penuh)	Butil (ChemSafety)
2.	Akilonitril	Wap organik	Filem berlamina/PVA/ Butil/ Viton
3.	Metil Merkaptan	Wap organik	
4.	Benzena	Wap organik	Filem berlamina/ Viton

4.3 TINDAKAN JANGKA SEDERHANA

4.3.1 Pindaan Takrif “Pencemaran” dalam EQA 1974

Memandangkan pindaan takrif “pencemaran” dalam EQA 1974 pada 2012 telah menyekat skop “bahan pencemar”, Badan Bertindak mengesyorkan Menteri meminda takrif “pencemaran” berdasarkan takrif di dalam EQA 1974 sebelum pindaan pada tahun 2012 bagi meluaskan skop “pencemaran”.

4.3.2 Pindaan Takrif “Bahan Berbahaya Alam Sekitar” (EHS) dalam EQA 1974

Untuk mengukuhkan pendakwaan terhadap kes pencemaran udara yang melibatkan gas-gas toksik, Badan Bertindak mengesyorkan Menteri untuk menentukan nilai keadaan yang boleh diterima bagi semua bahan EHS supaya sebarang EHS yang ada di udara yang melebihi nilai-nilai yang boleh diterima boleh dianggap sebagai “pencemaran” di bawah EQA 1974 dan pihak yang bertanggungjawab boleh didakwa dengan lebih berkesan.

4.3.3 Pindaan Takrif Bahan Berbahaya Alam Sekitar (EHS) dalam EQA 1974

Memandangkan takrif EHS yang luas dalam EQA 1974 boleh ditafsirkan secara subjektif oleh industri, dan JAS berhasrat untuk meminda takrif EHS untuk menyenaraikan bahan kimia yang dikawal selia oleh beberapa MEA, Badan Bertindak mencadangkan takrif EHS di bawah EQA 1974 dipinda sedemikian sehingga EHS ditakrifkan berdasarkan kedua-dua ciri kimia berbahaya intrinsik dan penyenaraian MEA.

Oleh kerana JKKP telah menggunakan Sistem Harmonisasi Global Klasifikasi dan Label pada Bahan Kimia (GHS) (edisi semakan ketiga), yang juga telah digunakan oleh Kesatuan Eropah, Jepun, New Zealand dan China, Badan Bertindak mencadangkan supaya JAS juga menggunakan ciri-ciri berbahaya intrinsik dalam GHS dalam takrif EHS di bawah EQA 1974 yang dipinda.

Takrif EHS yang disyorkan ialah:

“Bahan Berbahaya Alam Sekitar (EHS) ditakrifkan sebagai sebarang bahan semulajadi atau buatan termasuk bahan mentah, sama ada dalam bentuk pepejal, separa pepejal atau cecair, atau dalam bentuk gas atau wap, atau dalam campuran sekurang-kurangnya dua bahan-bahan ini, yang mempunyai satu atau lebih sifat intrinsik berikut di bawah:

1. Kebolehetupan
2. Kemudahbakaran
3. Keupayaan mengoksida
4. Kekakisan
5. Ketoksikan (termasuk ketoksikan kronik)
6. Ekoketoksikan (dengan atau tanpa biotumpukan)
7. Apabila bersentuhan dengan air, mengeluarkan gas mudah terbakar atau toksik
8. Berbahaya kepada lapisan ozon
9. Biotumpukan dalam alam sekitar
10. Bertahan lama dalam alam sekitar

Jadual 5 Hubung Kait Antara Sifat-sifat Intrinsik EHS dan Kelas Bahaya di Bawah GHS

Sifat-sifat Intrinsik EHS	Kelas Bahaya GHS
Kemudahletupan	• Bahan Letupan
Kemudahbakaran	• Gas mudah terbakar • Aerosol mudah terbakar • Cecair mudah terbakar • Pepejal mudah terbakar • Bahan dan campuran swabertindakbalas • Cecair piroforik • Bahan piforik • Bahan dan campuran swaterpanas
Keupayaan mengoksida	• Gas yang mengoksida • Cecair yang mengoksida • Pepejal yang mengoksida • Peroksida organik
Kekakisan	• Kakisan logam • Kakisan kulit • Kerosakan mata
Ketoksikan (termasuk ketoksikan kronik)	• Ketoksikan akut (mulut, kulit dan penyedutan) • Kerengsaan kulit • Kerengsaan mata • Pemekaan kulit • Pemekaan penafasan • Kemutagenan sel benih • Kekarsinogenan • Ketoksikan pembiakan • Ketoksikan organ sasaran tertentu (pendedahan tunggal) • Ketoksikan organ sasaran tertentu (pendedahan berulang) • Bahaya penyedutan
Eko-ketoksikan (dengan atau tanpa biotumpukan)	• Ketoksikan akuatik (akut) • Ketoksikan akuatik (kronik)
Jika bersentuhan dengan air, membebaskan gas mudah terbakar	• Bahan dan campuran yang jika bersentuhan dengan air, membebaskan gas mudah terbakar
Berbahaya kepada lapisan ozon	• Berbahaya kepada lapisan ozon

* Nota: Sifat-sifat 'Jika bersentuhan dengan air, membebaskan gas toksik' dan 'Biotumpukan atau bertahan lama di dalam alam sekitar' tidak diambil kira dalam GHS. Meskipun demikian, peruntukan hendaklah diberikan kepada sifat-sifat itu kerana GHS akan disemak semula setiap 2 tahun.

4.3.4 Pindaan Peraturan-Peraturan CLASS Regulations 2013 di bawah OSHA 1994

1. Memandangkan hanya bahan kimia yang diimport dan dihasilkan direkod dalam CIMS, Badan Bertindak mencadangkan agar Peraturan-Peraturan CLASS 2013 perlu dipinda supaya bahan kimia yang diperoleh melalui pembekal tempatan dalam ekonomi kitaran mestilah dilaporkan dalam CIMS juga.
2. Laporan CHRA hendaklah wajib diserahkan kepada JKKP dan bukan hanya diserahkan ketika pegawai JKKP menjalankan audit kilang kimia.
3. Kilang-kilang kimia diwajibkan melaporkan dengan segera sebarang pelepasan gas toksik dan mudah terbakar secara besar-besaran yang tidak sengaja atau disengajakan dan tumpahan bahan kimia dalam kuantiti yang besar dari kebocoran ke JBP, JKKP, JAS dan JKN untuk melaksanakan pelan tindakan kecemasan.

4.3.5 Pindaan Jarak Zon Penampian bagi Kilang-kilang Kimia dalam Garis Panduan Penempatan dan Pengezonan Kawasan Perindustrian dan Kediaman 2012

Memandangkan zon penampian minimum antara kilang-kilang kimia dan kawasan kediaman dalam Garis Panduan Penempatan dan Pengezonan Kawasan Perindustrian dan Kediaman 2012 hanya 500m, Badan Bertindak mengesyorkan bahawa jarak zon penampian minimum antara kilang-kilang kimia dan kawasan kediaman dalam garis panduan itu dipinda kepada antara 1000m hingga 1500m.

4.4 TINDAKAN JANGKA PANJANG

4.4.1 Tadbir Urus Bahan Kimia Bersepadu

Badan Bertindak mengesyorkan MESTECC untuk melaksanakan cadangan-cadangan berikut dari kajian terdahulu, "Kajian untuk Mengukuhkan Tadbir Urus Bahan Kimia Berbahaya di Malaysia",

1. Menyepadukan JKKP dan Sistem Pemberitahuan dan Pendaftaran EHS di bawah JAS
2. Mewujudkan badan berkanun untuk mentadbir pengurusan bahan kimia seperti Suruhanjaya Pengurusan Bahan Kimia.

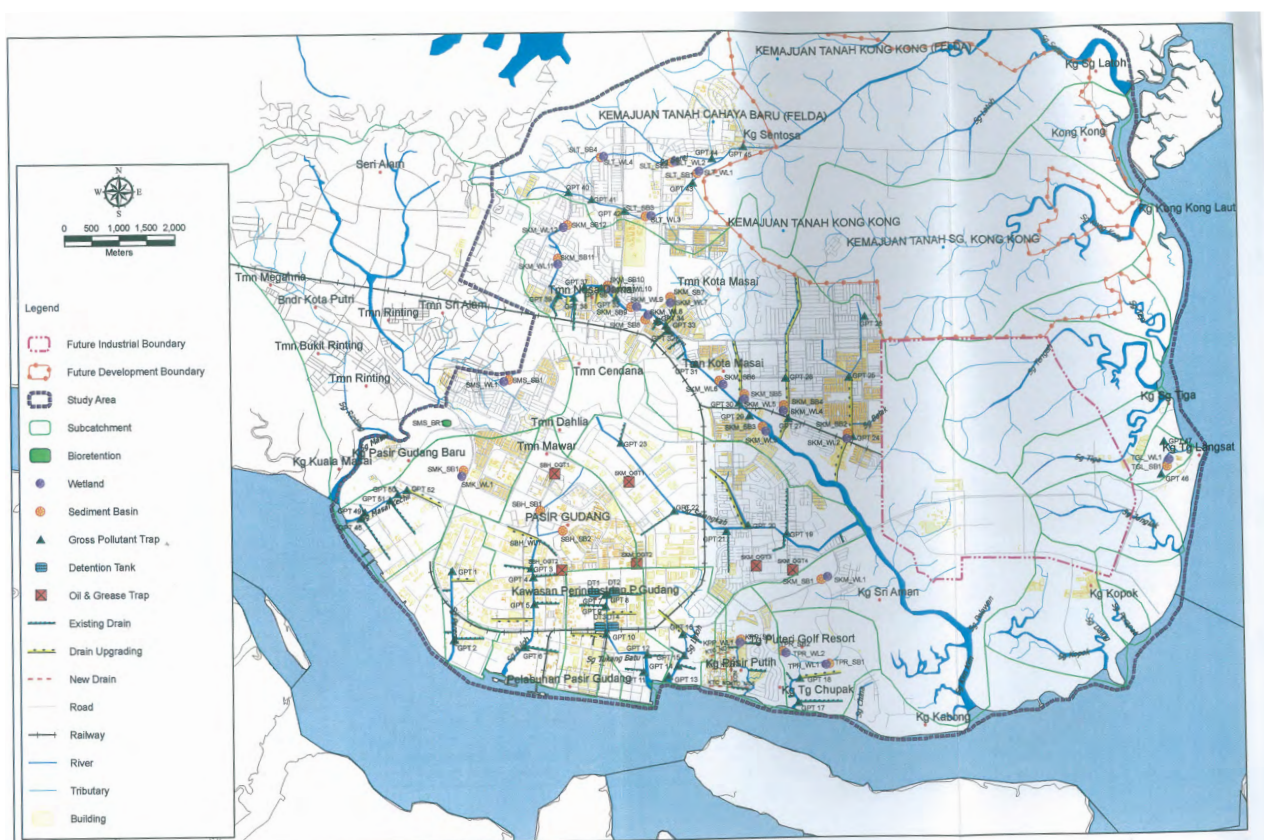
4.4.2 Pengurusan Sumber Air Bersepadu (IWRM)/Pengurusan Lembangan Sungai Bersepadu (IRBM)

Meskipun Badan Bertindak ini telah mengeneipkan pencemaran Sungai Kim Kim sebagai sumber bahan kimia toksik yang berkemungkinan, tadbir urus air masih merupakan aspek penting untuk memastikan pencemaran Pasir Gudang berada pada tahap minimum.

Oleh itu, Badan Bertindak mencadangkan laluan-laluan air Pasir Gudang diuruskan dengan cara berikut:

1. Memandangkan sebahagian besar sumber air untuk bekalan air sama ada untuk domestik, industri atau pertanian adalah daripada badan air seperti sungai dan tasik/kolam/takungan, pelaksanaan IWRM/IRBM perlu didekati pada tahap makro (tetapi dilaksanakan di peringkat mikro/medan) supaya terdapat penyepaduan parit kecil dan besar, dan parit air hujan dengan sungai yang mengalir ke laut.
2. Perancangan peringkat makro bersepadu di peringkat Negeri atau Wilayah mesti melibatkan semua agensi seperti BAKAJ, MPPG, JPT, JAS, Rancangan Malaysia, dan sebagainya untuk bekerjasama dalam satu platform seperti menyokong dokumen Dasar Kelestarian Johor 2016 (UPEN Johor, 2016).
3. Penggunaan cadangan Laporan Akhir Pelan Induk Pengurusan Air Hujan untuk Pasir Gudang, 2010 (Jabatan Pengairan dan Saliran Malaysia, 2010) (Rajah 14) untuk membina
 - a. 24 lembangan enapan untuk kawalan enapan
 - b. 23 tanah basah untuk kawalan pencemaran
 - c. Sistem bio-penahanan sebagai alternatif bagi kawalan pencemaran
 - d. Lebih daripada 50 GPT untuk enapan kasar dan bahan boleh apung
 - e. Empat tangki penahanan tempatan simpanan banjir 15000m³

4. Menaik taraf 12.4km parit sedia ada dan membina 2.3km parit baharu.
5. Menyemak semula kecukupan infrastruktur semasa dan kemaskini kepada piawaian semasa seperti melaksanakan Jumlah Beban Harian Maksimum untuk enapan dan pencemar pada lokasi kritikal di sepanjang titik kawalan terpilih.
6. Mengemas kini keperluan infrastruktur dengan teknologi semasa yang sedang digunakan secara global seperti menggabungkan konsep ekonomi kitaran dan sisa sifar. Beberapa kajian kes tersedia dalam penerbitan Suruhanjaya Ekonomi dan Sosial Pertubuhan Bangsa-Bangsa Bersatu untuk Asia dan Pasifik (UNESCAP) bertajuk "*Water and Green Growth in Asia and the Pacific*" (United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific, 2015).
 - a. Kajian Kes 1 - "*Integrated Urban Water Management in Beijing*" relevan untuk MPPG.
 - b. Kajian Kes 2 - "*Innovating Pollution Control and Industrial Symbiosis to Realise China's 'Circular Economy'*" adalah contoh yang boleh diikuti oleh industri-industri di Pasir Gudang dan tempat-tempat lain.



Rajah 14 Pelan Induk Pengurusan Air Hujan yang Diperakukan untuk Pasir Gudang
(Sumber: Jabatan Pengairan dan Saliran)

7. Menyemak semula Enakmen Air Johor 1921 (Enakmen 66) untuk menyelaraskan keperluan Pengurusan Sumber Air Bersepadu, dan untuk memberi tumpuan kepada semua aspek pengurusan sumber air dan pengurusan perkhidmatan air.
 - a. Pengurusan pencemaran dan pemuliharaan alam sekitar dan pengurusan kemampuhan badan-badan air.
 - b. Menyediakan platform yang merentasi semua agensi berkaitan untuk perbincangan dan pelaksanaan serta memperkuat pemantauan dan penguatkuasaan melalui penyediaan sumber yang mencukupi seperti dana dan tenaga kerja.

5.0 KESIMPULAN

Tugas utama Badan Bertindak adalah untuk mengenal pasti sumber gas toksik yang menimpa pelajar sekolah di Pasir Gudang dan mencadangkan satu pelan tindakan yang akan dilaksanakan oleh kementerian dan agensi yang berkaitan untuk mencegah ia berulang lagi di Malaysia.

Gas-gas toksik yang telah dikenal pasti ialah akrolein, akrilonitril, metil merkaptan dan benzena. Gejala-gejala yang dialami oleh pelajar sekolah seperti muntah, mual, pening, sesak nafas, batuk, sakit tekak dan kejang otot adalah konsisten dengan kesan menyedut gas-gas ini.

Kesimpulan awal bahawa sumber gas toksik dari pembuangan sisa bahan kimia secara haram di Sungai Kim Kim telah diketepikan kerana ketumpatan gas dari aras tanah tidak mempunyai keapungan dan momentum yang cukup untuk melanda tingkat atas bangunan dan Sungai Kim Kim bersih ketika kejadian kedua berlaku.

Analisis trajektori balik menggunakan data kepekatan dan meteorologi dan Gaussian Plume Model menghasilkan sumber titik berganda. Ketumpatan kebarangkaliannya dihitung menggunakan kaedah ketumpatan kernel. Kawasan di dalam kontur ketumpatan tertinggi mengandungi lokasi sumber yang paling mungkin.

Ia dapat disimpulkan dengan selamat bahawa lokasi yang paling mungkin untuk sumber akrolein, akrilonitril dan metil merkaptan adalah di kawasan perindustrian Pasir Gudang yang dikelilingi Jalan Pasir Gudang, Jalan Emas dan Jalan Pekeliling. Lokasi yang paling mungkin bagi benzene ialah di kawasan perindustrian Pasir Gudang yang dikelilingi oleh Lebuhraya Pantai Timur JB, Jalan Pekeliling dan Lebuhraya Pasir Gudang.

Berdasarkan penemuan ini, Badan Bertindak telah menggariskan beberapa cadangan bagi kementerian dan agensi yang terlibat untuk mengelakkan kejadian keracunan gas toksik daripada berulang.

Terdapat keperluan mendesak untuk siasatan segera terhadap pelepasan gas toksik dan tumpahan cecair bahan kimia berbahaya yang sengaja dan tidak sengaja, penyimpanan dan pelupusan sisa bahan kimia berbahaya di kilang-kilang kimia oleh JAS dan JKKP.

Instrumen yang lebih canggih dan tepat seperti kromatografi gas/spektrometer jisim (GC/MS) amat diperlukan untuk mengenal pasti pelbagai bahan kimia berbahaya di dalam udara dan media lain seperti air, tanah dan makanan.

Model trajektori balik terubahsuai yang lebih tepat harus dibangunkan dengan segera untuk mengambil kira gas lebih tumpat daripada udara. Model penyebaran pencemaran udara keadaan tidak mantap seperti CALPUFF boleh digunakan untuk mencari sumber dengan lebih tepat.

Kajian lanjut perlu dilakukan dengan segera untuk memastikan kemungkinan berlakunya penyakit histeria atau penyakit psikogenik (MPI) dalam kalangan pelajar sekolah yang terjejas ketika kedua-dua insiden.

Untuk jangka pendek, kaedah yang lebih baik untuk menilai kesan buruk kesihatan terhadap pendedahan serentak kepada pelbagai bahan kimia perlu dibangunkan seperti cap jari kimia, ujian yang lebih sensitif untuk analisis klinikal dalam darah dan air kencing, pengukuran biomarker atau metabolit yang perlu disusul dengan ujian neuropsikologi.

Takrif “pencemaran” perlu dipinda dengan mengembalikan takrif di dalam EQA 1974 asal sebelum pindaan pada 2012 untuk mengekalkan skop “pencemaran” yang lebih luas. Keadaan yang boleh diterima untuk EHS di bawah EQA 1974 perlu ditentukan dengan segera, yang akan menjadikannya “pencemaran” jika ia melebihi hadnya.

Takrif EHS di bawah EQA 1974 perlu dipinda sedemikian sehingga ia berdasarkan kedua-dua penyenaraian MEA dan ciri kimia berbahaya intrinsik mengikut GHS yang juga telah digunapakai oleh JKPP.

Zon penampungan minimum untuk kilang-kilang kimia harus ditingkatkan dari 500m kepada 1000-1500m untuk memberikan perlindungan kepada masyarakat yang memadai daripada pelepasan gas toksik.

Untuk jangka panjang, CIMS di bawah JKPP perlu disepadukan dengan Sistem Pemberitahuan dan Pendaftaran EHS di bawah JAS. Sebuah badan berkanun hendaklah ditubuhkan untuk mentadbir pengurusan bahan kimia seperti Suruhanjaya Pengurusan Bahan Kimia.

WRM / IRBM perlu dilaksanakan di peringkat makro untuk mengintegrasikan parit, sungai dan laut. Cadangan-cadangan dalam Laporan Akhir Pelan Induk Pengurusan Air Hujan untuk Pasir Gudang 2010 untuk menguruskan sedimen dan pencemaran di sistem perparitan dan sungai di kawasan Pasir Gudang patut dilaksanakan.

RUJUKAN

Albertson M. L. , Y. B. Dai, R. A. Jensen and H. Rouse (1950) 'Diffusion of Submerged Jets', *Transactions of the American Society of Civil Engineers*, 115(1), p639-664.

Arkib Negara Malaysia (2019) *Kawasan Projek Industri Pasir Gudang Mula Di Buka* [Online]. Available at: <http://hids.arkib.gov.my/-/kawasan-projek-industri-pasir-gudang-mula-di-buka>. [Accessed: 30 August 2019]

Bernama. (2019). 'Three detained for suspected dumping of chemical waste into river'. Available at: <http://bernama.com/en/general/news.php?id=1703676> [Accessed: 11 March 2019]

Hwang, W.T. (1986) 'Mass anxiety attack in a primary school', *Medical Journal of Malaysia*, 41(3), p 220-224.

Jabatan Pengairan dan Saliran Malaysia, Kementerian Sumber Asli dan Alam Sekitar (2010) *Stormwater Management & Drainage Masterplan Study for the Town of Pasir Gudang, Johor Bahru, Johor Darul Takzim*.

Jawatankuasa Saintifik Pembuangan Haram Sisa Kimia di Pasir Gudang (2019) *Laporan Eksekutif Jawatankuasa Saintifik Kes Pembuangan Haram Sisa Kimia di Sungai Kim Kim Pasir Gudang Johor*.

Jones, T.F., et al. (2000) 'Mass psychogenic illness attributed to toxic exposure at a high school', *New England Journal of Medicine*, 342(2), p96-100.

Kementerian Kesihatan Malaysia (2019) *Pembentangan 1: Chemical Incident Pasir Gudang - OPS Mawar, June 2019*.

Kementerian Kesihatan Malaysia (2019) *Pembentangan 2: Chemical Incident Pasir Gudang - Sg Kim Kim, March 2019 & OPS Mawar, June 2019*.

Majlis Bandaraya Pasir Gudang (2019) *Rancangan Tempatan Daerah Johor Bahru & Kulai 2025 (Penggantian)*.

Unit Perancang Ekonomi Negeri Johor (2016) *Johor Sustainability Policy 2017-2021*.

United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific (2015) 'Water and Green Growth: Case Studies from Asia and the Pacific' Available at: <https://www.unescap.org/resources/case-studies-water-and-green-growth-asia-and-pacific> [Accessed: 30 August 2019]

United States Environmental Agency (2019) Acute Exposure Guideline Levels for Airborne Chemicals. Available at: <https://www.epa.gov/aegl> [Accessed: 30 August 2019]

Academy of Sciences Malaysia
Level 20, West Wing, Matrade Tower,
Jalan Sultan Ismail Haji Ahmad Shah,
off Jalan Tuanku Abdul Halim,
50480 Kuala Lumpur, Malaysia

Phone : +6 (03) 6203 0633
Fax : +6 (03) 6203 0634

